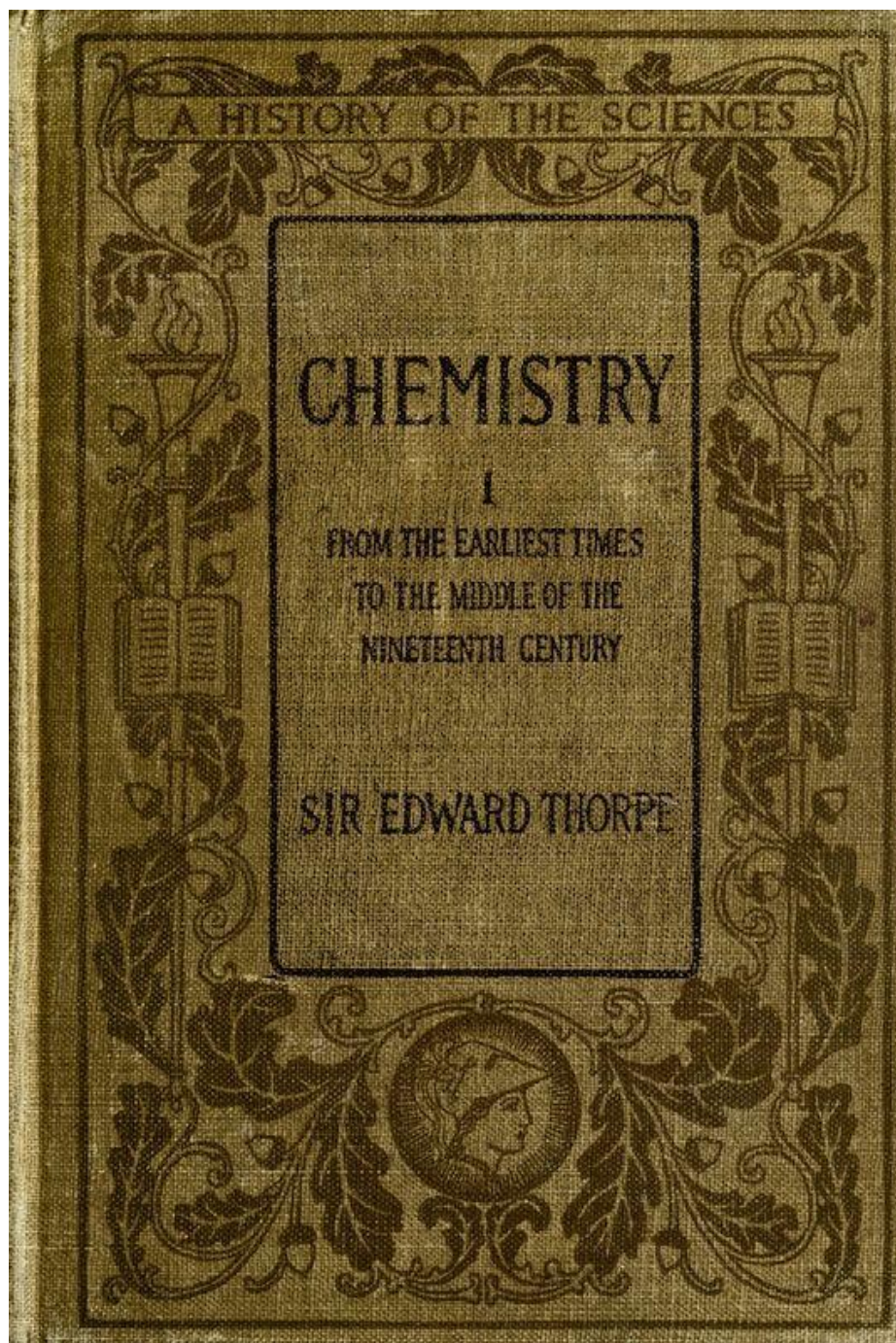


История химии, Том 1 (из 2). С древнейших времен до середины девятнадцатого века

Т. Э. Торп



Электронная книга проекта "Гутенберг" по истории химии, том 1 (из 2)

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: История химии, Том 1 (из 2)

Автор: Т. Э. Торп

Дата выхода: 26 сентября 2017 г. [Электронная книга № 55630]

Последнее обновление: 23 октября 2024 г.

Язык: Английский

Кредиты: Подготовлено Соней Шерманн, Чарли Ховардом и командой онлайн-корректоров по адресу <http://www.pgdp.net> (Этот файл создан на основе изображений, щедро предоставленных интернет-архивом)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ИСТОРИЯ ХИМИИ", ТОМ 1 (ИЗ 2) ***

ИСТОРИЯ НАУК

ИСТОРИЯ ХИМИИ

Сэрм ЭДВАРДОМ ТОРПОМ,

К.Б.н., доктором философии, F.R.S.

АВТОРОМ КНИГ "ОЧЕРКИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ХИМИИ", "ХАМФРИ ДЭВИ:
ПОЭТ И ФИЛОСОФ", "ДЖОЗЕФ ПРИСТЛИ" И Т.Д. И Т.П.

ДВА ТОМА

Я.

С древнейших времен до середины Девятнадцатого века

С ИЛЛЮСТРАЦИЯМИ

СЫНОВЬЯ Г. П. ПАТНЭМА

НЬЮ-ЙОРК И ЛОНДОН

Издательство "Никербокер Пресс"

1909

Авторское право, 1909,
СЫНОВЬЯ Г. П. ПАТНЭМА

Эта серия издается в Лондоне издательством Rationalist Press Association, Limited

ПРИМЕЧАНИЕ ИЗДАТЕЛЯ

Планировалось, что "История наук" представит для сведения широкой публики исторический отчет о великих разделах науки. Каждый том - это работа писателя, который признан авторитетом в своей области. Эти книги не следует рассматривать как буквари, они представляют собой тщательно переработанную информацию о том, какое отношение каждый крупный раздел науки имеет к изменениям в человеческих идеях и к интеллектуальному развитию человечества. В монографиях объясняется, как были сделаны основные научные открытия, и приводятся имена работников, которым эти открытия принадлежат.

Книги будут состоять примерно из 200 страниц каждая. Каждый том будет содержать от 12 до 16 иллюстраций, включая портреты первооткрывателей, поясняющие виды и диаграммы. Каждый том содержит также краткую, но всеобъемлющую библиографию по теме. Следующие тома будут выпущены осенью 1909 года.

История астрономии.

Джордж Форбс, магистр медицины, Ф.Р.С., М. Inst. С.Е.; автор книги *"Прохождение Венеры"* и др.

История химии: Том I. примерно с 2000 г. до н.э. по 1850 г. н.э. Том II. с 1850 г. н.э. по настоящее время.

Автор: сэр Эдвард Торп, к.Б.н., доктор юридических наук, профессор, директор правительственных лабораторий в Лондоне; избранный профессор и директор химических лабораторий Имперского колледжа науки и технологии; автор *Словаря прикладной химии*.

Далее следует:

История географии.

Доктор Джон Скотт Келти, F.R.G.S., F.S.S.S., F.S.A., Дistinguished. Член комиссии. Географические общества Парижа, Берлина, Рима, Брюсселя, Амстердама, Женевы и др.; автор *Доклада о географическом образовании, Прикладная география*.

История геологии.

Автор: Гораций Б. Вудворд, F.R.S., F.G.S., помощник директора геологической службы Англии и Уэльса; автор книги *"Геология Англии и Уэльса"* и др.

История антропологии.

Автор А. К. Хэддон, магистр, доктор философии, профессор этнологии в Кембридже и Лондоне; автор книг *"Исследование человека", "Магия и фетишизм"* и др.

История критики Ветхого Завета.

Автор: Арчибальд Дафф, профессор теологии иврита и Ветхого Завета в Объединенном колледже Брэдфорда; автор книг "*Теология и этика евреев*", "*Современное богословие Ветхого Завета*" и др.

История критики Нового Завета.

Ф. К. Конибером, магистром медицины, покойным сотрудником и прелектором университета. Колл., Оксфорд; член Британской академии; доктор богословия, *honoris causa*, Гиссен; Сотрудник Академии; автор *Древнеармянских текстов Откровения* и др.

Планируются дальнейшие публикации по следующим темам:

Математика и механика.

Молекулярная физика, Тепло, Жизнь и электричество.

Физиология человека, эмбриология и наследственность.

Акустика, гармоника и физиология слуха, а также Оптика, хроматика и физиология зрения.

Психология Аналитическая, сравнительная и экспериментальная.

Социология и экономика.

Этика.

Сравнительная филология.

Критика, исторические исследования и легенды.

Сравнительная мифология и наука о религиях.

Критика церковных институтов.

Культура, нравственная и интеллектуальная, отраженная в Художественной литературе и изобразительном искусстве.

Логические.

Философия.

Образование.

Содержание

ГЛАВА I

Химии древних

Египет, предполагаемая родина химии. Происхождение слова "химия".
Химические искусства, известные древним. Metallurgia древних. Химические продукты китайцев, египтян, греков и римлян.

СТРАНИЦА

1

ГЛАВА II

Химическая философия древних

19

Древние рассуждения о происхождении и природе материи. Вода - первичный принцип. Фалес Милетский. Постоянство его учения. Его влияние на науку. Теории Анаксимена, Гераклита и Ферекида. Огонь как первичный принцип. Концепция четырех первичных принципов — огня, воздуха, воды и земли. Обожествление их Эмпедоклом. Платон и Аристотель. Учение о четырех элементах. Влияние перипатетической философии на науку. Арабская наука. Влияние мавров в Испании. Атомные концепции Анаксагора, Левкиппа и Демокрита. Зачатки атомной теории.

ГЛАВА III

Алхимия

28

Влияние эллинского разума на развитие химии. Происхождение идеи превращения металлов. Философское обоснование веры в алхимию. Алхимическая теория природы металлов. Происхождение концепции Философского камня. Geber. Связь алхимии с астрологией. Разес. Авиценна. Химические процессы и вещества, известные арабским химикам. Западные алхимики. Albertus Magnus. Роджер Бэкон. Рэймонд Люлли. Arnoldus Villanovanus. Johannes de Rupecissa. Джордж Рипли. Бэзил Валентайн.

ГЛАВА IV

Философский камень

46

Алхимия в средние века. Ассоциация религии христианской церковью с алхимией. Предполагаемая природа Философского камня. Описан его характер. Его сила. Универсальное лекарство. Эликсир молодости. Алкахест. Противники алхимии: Эрастий, Конрингиус и Кирхер. “Гермес Германии”: Рудольф II. Христианские князья, имевшие дело с алхимиками. Судьба некоторых алхимиков. Устойчивость алхимии и герметических обществ. Лорд Бэкон об алхимии.

ГЛАВА V

Ятрохимия

57

Теорий ятрохимиков. Парацельс. Учение о *триаде примы*. Парацельсианские гармонии. Libavius. Ван Гельмонт. Сильвиус. Уиллис. Заслуги ятрохимии перед наукой. Влияние ятрохимии на технологии. Agricola. Палисси. Glauber. Химические продукты, ставшие известными благодаря алхимикам.

ГЛАВА VI

“Химик-скептик”: рассвет научной химии

70

лет основания Королевского общества и других научных академий. Появление “Химика-скептика”: его атака на доктрины спагиристов. Бойль: его жизнь и характер. Его заслуги в обучении. Kunkel. Becher. Майоу. Лемери. Homberg. Бурхаве. Стивен Хейлз.

ГЛАВА VII

Флогистонизм

91

Гипотеза Бехера о *языческой земле*. Его развитие в теорию флогистона. Stahl. Флогистон, в первую очередь теория горения, становится теорией химии. Он получил всеобщее признание в Европе до последней четверти восемнадцатого века. Выдающиеся флогистианцы. Pott. Маргграф. Шееле: его открытия. Дюамель. Макер. Блэк: его эссе *омагнезии Альба*. Признание индивидуальности углекислого газа. Пристли: его жизнь и характер. Его открытия в области пневмохимии. Его наблюдения за влиянием растительной жизни на характер атмосферы. Кавендиш: его жизнь и творчество. Открытие состава воды. Влияние флогистонизма на развитие химии. Достижения, достигнутые в период флогистонизма.

ГЛАВА VIII

Лавуазье и химическая революция

109

Падение флогистонизма. Лавуазье: его жизнь и творчество. Его смерть. *Le principe oxugine*. Принцип сохранения вещества. Химия - наука о количественных соотношениях. Видные антифлогистианцы. Бертолле. *Статистика химии*. Фуркрой. Vauquelin. Клапрот. Пруст.

ГЛАВА IX

Атомная теория

123

Атомные гипотезы древних. Ньютон. Bergmann. Lavoisier. Richter. Стехиометрия. Джон Далтон: очерк его жизни и характера. Как он пришел к объяснению законов химического сочетания. *Новая система химической философии*. Восприятие его теории Дэви и Волластоном. Берцелиус: его жизнь и творчество. Его заслуги перед химией. Первая точная серия определений атомного веса. Авогадро. Гипотеза Праута.

ГЛАВА X

Истоки электрохимии

140

Вольтовая батарея. Электролитическое разложение воды Николсоном и Карлайлом. Применение электричества Вольта для разложения щелочей Дэви. Его жизнь и творчество. Волластон: его жизнь и творчество. Электрохимическая система Берцелиуса. Дуализм. Берцелиус реформирует химическую нотацию и номенклатуру. Гей-Люссак: его жизнь и творчество. Тенар: его жизнь и творчество. Фарадей и закон определенного действия электролитов.

ГЛАВА XI

Основы органической химии

154

Николя Лемери делит химию на две основные отрасли - неорганическую и органическую химию. Уровень знаний о продуктах органического происхождения в первые годы девятнадцатого века. Химия животных. Доктрина жизненной силы. Синтез мочевины Велером. Органическая химия - это химия соединений углерода. Ранние попытки органического анализа, предпринятые Лавуазье, Берцелиусом, Гей-Люссаком и Тенаром. Либих. Открытие *изомерии* и *аллотропии*. Цианоген. Теория сложных радикалов. Эфирная теория Дюма и Булле. Мемуары Либиха и Велера о масле горького миндаля. Теория бензоила. Исследование алкарсина Бунзенем. Какодил. Открытие этила цинка Франклендом.

ГЛАВА XII

Возникновение физической химии

170

Связь химии с физикой. Связь тепла с химическими явлениями.

Усовершенствования ртутного термометра. Ньютон. Шакбург. Брук Тейлор. Кавендиш. Черный. Открытие скрытой теплоты Блэком. Открытие удельной теплоты. Эксперименты Лавуазье и Лапласа. Закон Дюлонга и Пти: его значение для определения атомных весов. Удельная теплоемкость соединений. Нейман. Открытие изоморфизма Мичерлихом. Предвосхищение кинетической теории газов. Открытие закона газовой диффузии Грэмом. Сжижение газов. Монж и Клуэ. Норсмор. Фарадей. Значение знания весов единичных объемов газов при определении их молекулярных масс. Методы определения паров Дюма и Гей-Люссака. Закон растворимости газов Дальтона и Генри. Работа Шредера и Коппа об объемных соотношениях жидкостей и твердых тел. Связь между химической природой жидкости и ее температурой кипения.

Библиография

183

Указатель

187

ИСТОРИЯ ХИМИИ

ГЛАВА I

Химия древних

Химией, как искусством, занимались за тысячи лет до христианской эры; как наукой она возникла не позднее середины семнадцатого века. Монументальные записи Египта и отчеты, оставленные нам Геродотом и другими авторами, показывают, что древние египтяне, одни из самых ранних народов, о которых у нас есть какие-либо записи, обладали значительными знаниями о процессах, по существу химических по своей природе. Их жрецы были знатоками определенных химических искусств, и химические лаборатории иногда пристраивались к их храмам, как, например, в Фивах, Мемфисе и Гелиополисе. Следует также предположить, что в культурном классе, каким, несомненно, было духовенство, время от времени появлялись бы любопытные и изобретательные люди, которые рассуждали бы о природе и причинах наблюдаемых ими явлений. Но нет определенных свидетельств того, что египтяне когда-либо занимались химией в духе науки или даже тем способом, которым они и халдеи занимались, например, астрономией или математикой. Химические операции, выполняемые ими, носили характер производственных процессов, были эмпирическими по характеру и утилитарными по результату. Сравнительно поздно в мировой истории нашлось, что люди захотели заняться химическими исследованиями, чтобы проникнуть в природу химических изменений и изучить причины и условия их действия.

Хотя мы упоминали, что древние египтяне занимались химическим искусством, нет никаких доказательств того, что это искусство действительно возникло у них. Китай, Индия, Халдея, в свою очередь, считались родиной различных технических процессов, из которых, можно сказать, возникла химия. Тем не менее, те знания, которыми мы обладаем о самых ранних химических процессах, почерпнуты главным образом из египетских записей или из сочинений, открыто основанных на информации из египетских источников. Примечательно, что слово “химия” происходит от *хемеи*, “черная земля”, древнего названия Египта. О самом искусстве постоянно говорили как о “египетском искусстве”.

“Слово *химия*”, - говорит Бурхааве в “Пролегоменах” своего *Нового метода химии* (перевод Шоу и Чемберса, Лондон, 1727),

в *греческом* должно быть написано *χημία*, а в *латинском* и *английском* *chemia* и *химия*; не как обычно, *химия* и *химистика*.

Первым автором, у которого встречается это слово, является *Плутарх*, живший при императорах *Домициане*, *Нерве* и *Траяне*. Этот философ в своем трактате об *Изиде* и *Озирисе* пользуется случаем, чтобы заметить, что *Египет* на священном диалекте страны назывался тем же именем, что и чернота глаза, а именно *χημία*, — чем он, по—видимому, намекает на то, что слово *химия* на *египетском* языке означало черный, и что страна, *Египет*, могла получить свое название от черноты почвы.

Но [продолжает Бурхааве] разобраться с этимологией и грамматическим значением этого имени не так-то просто. Критики и антиквары, среди которых это было большим предметом исследования, не оставят это без некоторого дальнейшего изучения. Вместо *черного* у некоторых оно изначально обозначает *тайну* или *оккультизм*; и, следовательно, происходит от *ивритского* *чаман* или *аман* — *тайна*, начало которой - *чам*. И, соответственно, *Плутарх* отмечает, что *Египет*, на том же священном диалекте, иногда пишется на *греческом* *χημία*—*чамия*; отсюда слово легко выводится из *Хама*, старшего сына Ноя, которым Египет был впервые заселен после потопа и от которого, в стиле Священного Писания, он называется *земля Чам*, или *Хим*. Теперь, что *чаман*, или *аман*, правильно означает *тайну* появляется у того же *Плутарха*, который, упоминая древнего автора по имени *Менетес Сибонита*, который утверждал, что *Аммон* и *Хаммон* использовались для обозначения бога *Египта*. *Плутарх* пользуется случаем, чтобы заметить, что в *египетском* языке все тайное или оккультное называлось тем же именем, *ἄμρον*—*Хаммон*.... Наконец, ученый *Бочарт*, придерживаясь того же смысла слова, решил вывести его из *арабского* *чема*, или *кема* — *скрывать*; добавив, что существует *арабская* книга тайн, называемая тем же именем *Кеми*.

Из всего этого Бурхааве делает вывод, что химия была названа таким образом потому, что в старину считалось, что она “не годится для разглашения населению, но хранится как религиозный секрет”.

Если мы отдадим должное Зозимусу Панополиту, который, как говорят, жил примерно в начале пятого века, то были веские причины для того, чтобы хранить химию как религиозную тайну, поскольку, поскольку она возникла из *pretium amoris*, ее происхождение не пользовалось большим уважением. “Божественные писания повествуют о том, что ангелы, воспламененные желанием женщин, обучали их всем трудам и тайнам природы. За эту неосмотрительность они были изгнаны с небес, как научившие людей вещам, которые им знать не положено”. И

Скалигер утверждает, что “Гермес свидетельствует об этом; и все наши знания, как открытые, так и оккультные, подтверждают этот рассказ”. Но кем был Гермес, добавляет этот автор, сказать трудно, поскольку ни одно из его сочинений не сохранилось до нашего времени, “а то, что недавно опубликовано в Италии под именем *Гермеса Трисмегиста*, является явной подделкой”.

Эта легенда о “феминистском” происхождении химии на самом деле намного старше пятого века нашей эры и является всего лишь вариантом того, что, согласно еврейским писателям, привело к изгнанию человека из Рая. Подобный миф был распространен среди финикийцев, персов, греков и магов. Мы прослеживаем это в легенде о Сибилле, которая в качестве платы за свою благосклонность к Фебу потребовала не только долгих лет, но и знания божественной *тайны*. Некоторые из священнослужителей, разработавших эти мифы, особенно внимательны в своих рассказах о тайнах, сообщаемых таким образом. Они включали в себя использование амулетов, знание золота, серебра и драгоценных камней, искусство окрашивания, подкрашивания бровей и т.д. — фактически, тот вид *тайн*, которым женщины во все века, по-видимому, больше всего стремились овладеть. Однако важно, что во всех упоминаниях *охемии*, даже после переноса резиденции Римской империи в Константинополь, подразумевается, что знание о ней было священной тайной, которая была известна только священнослужителям и ревностно охранялась ими. Это было характерно для писателей, которые навесили вечное клеймо на Еву, возложив на пол в целом ответственность за незаконное знание “вещей, которые мужчинам знать не подобает”.

Ибо на самом деле химия зародилась у мужчин, и зародилась она не столько из-за любви к женщинам, сколько из-за вина.

Производство *спирта* методом ферментации, вероятно, является старейшим из химических искусств. Слово *вино* на самом деле означает *продукт брожения*. История Моисея повествует, что Ной вскоре после того, как выбрался на сушу, “посадил виноградник и пил вино”, и результаты этого, по-видимому, показывают, что сила вина не была ему незнакома. Диодор Сицилийский, изучавший египетские древности, когда Египет был римской провинцией, утверждает, что древние египтяне приписывали происхождение вина Осирису. Это было жертвоприношение даже в древнейшие времена, как и хлеб. Вино, по-видимому, готовили китайцы еще во времена императора Юя, около 2220 года до н.э. Пиво производили в Египте во времена Сенвострета III. (Сесострис) 1880 г. до н. э.

Египтяне были искусны в крашении и выделке кожи, а также в производстве и обработке металлов и сплавов. Они были знакомы с методами закалки железа. Они производили стекло, искусственные драгоценные камни и эмали. Древнейшая известная эмаль была найдена в качестве амулета египетской царицы Ахотеп (1700 г. до н.э.), а стеклянные бусы были изготовлены еще до правления Тутмоса III (1475 г. до н.э.). Евреи знали о золоте, серебре, меди, железе, свинце и олове. Действительно, именно благодаря им и финикийцам, которые были одними из первых торговцев, Европа постепенно познакомилась со многими техническими продуктами восточного происхождения.

Зачатки искусства извлечения и обработки металлов теряются в туманах древности; действительно, считается, что химия металлов возникла почти одновременно с человечеством. Диодор Сицилийский обнаружил в Египте предания о первом изобретателе металлургических

процессов, идентичные преданиям о сыне Ламеха и Циллы, Тубал-каине, или Тувал-каине, у евреев — Вулкане у римлян.

Золото, несомненно, было одним из самых ранних металлов, использовавшихся людьми, поскольку, вероятно, было обнаружено одним из первых. Он свободно встречается в природе и встречается во многих скалах и в песках рек. Его цвет, блеск и плотность рано привлекли бы к нему внимание; а его податливость и пластичность, а также легкость, с которой его можно было изготовить, вкупе с его неизменяемостью сделали бы его ценным. Эфиопское и нубийское золото было известно с древнейших времен, а дробление кварца и промывка золота практиковались египтянами. Изображения этих процессов были найдены на египетских гробницах, датируемых 2500 годом до н.э. Золотая проволока использовалась египтянами для вышивания, и они практиковали нанесение покрытий, золочения и инкрустации еще в 2000 году до н.э.

Серебро также использовалось ими и, похоже, как и золото, было отчеканено в виде денег. Первоначально оно было известно как “белое золото”. Некоторые из старейших существующих монет представляют собой сплавы серебра и золота, полученные, вероятно, путем сплавления природного серебряносодержащего золота, такого как бледное золото Пактола. Такой сплав был назван *электрум* из-за его сходства по цвету с янтарем.

Медь также в ограниченной степени встречается в металлическом состоянии, но, вероятно, большая часть того, что использовалось древними, была получена из ее руд, которые сравнительно многочисленны и легко плавятся. Египтяне также использовали его для чеканки монет и изготавливали из него разнообразную утварь и орудия труда. Более древние авторы не проводили четкого различия между медью, бронзой и латунью, и термины, обозначающие их — *aes* и *χαλκός* - часто используются; как и Плиний, без разбора. Утверждение во Втор. viii. 9— “Из холмов которого ты можешь добыть медь” — очевидно, не может означать сплав меди и цинка, поскольку он не встречается в природе.

Чистая медь - слишком мягкий металл, чтобы его можно было использовать для изготовления мечей и режущих инструментов, но медные руды часто содержат сопутствующие металлы, такие как, например, олово, которое придает меди необходимую твердость, позволяющую изготавливать из нее оружие. Такая медь должна была иметь характер бронзы, и ранним рабочим было известно, что природа металла была значительно изменена в результате отбора руд из определенных местностей. Сравнительно поздно в истории металлургии меди было установлено, что бронза была получена путем сознательного добавления олова в металл.

Медь в основном использовалась римлянами, которые получали ее с Кипра; у них она была известна как *as Cyprium* и, в конечном итоге, как *Cuprum*, откуда мы получаем химический символ Cu. То, что римляне называли *асом*, было найдено также в Халкиде, на Эвбе, откуда *χαλκός*, греческое слово, обозначающее медь.

Аурихалк, или золотая медь, то есть латунь, был хорошо известен первым производителям меди и изготавливался во времена Плиния путем нагревания вместе меди, кадмия (каламина) и древесного угля.

Колокольный металл использовался ассирийцами, а бронза отливалась египтянами для изготовления зеркал, ваз, щитов и т.д. Еще в 2000 году до н.э. Скульптурная бронза, в основном используемая римлянами, обычно содержала больше или меньше свинца.

Олово, которое также было известно ранним египтянам, по-видимому, было впервые получено из Ост-Индии и было известно под санскритским названием *Кастура* (Кас, сиять), откуда мы имеем арабское слово для обозначения олова, *Касдир*, и греческое *каσσίτερος*, использовавшееся Гомером и Гесиодом. Оловянные руды найдены в Британии (Корнуолл) и были привезены оттуда финикийцами. Группа островов, включая острова Силли и более крупный остров на востоке (Британия), была известна римлянам как *Insulæ Cassiterides*.

Плиний утверждает, что олово содержится в зернах аллювиальной почвы, из которой его получают промывкой; но он не дает описания метода выплавки. Латинское слово, обозначающее олово, было *stannum*; оно также было известно как *plumbum album*, в отличие от свинца, который назывался *plumbum nigrum*. Олово использовалось римлянами для покрытия внутренней части медных сосудов, а также иногда использовалось при изготовлении зеркал.

Свинец был хорошо известен египтянам. Во времена Плиния его в основном закупали в Испании и Британии (Дербишир). Свинцовые трубы использовались римлянами для подачи воды, а листовой свинец использовался ими для кровельных работ. Римлянам также были известны сплавы свинца и олова. *Аргентарий* состоял из равных частей свинца и олова; *терциарий*, используемый в качестве припоя, состоял из двух частей свинца и одной части олова.

Железо, хотя в настоящее время это самый важный из распространенных металлов, получило широкое распространение лишь спустя долгое время после открытия золота, серебра и меди. Вероятно, это было связано с тем фактом, что, хотя его руды относительно многочисленны и широко распространены, их добыча как металла требовала большего мастерства и большего количества приспособлений, чем было у более ранних рас. Однако металлическое железо было хорошо известно египтянам, которые использовали его при изготовлении мечей, ножей, топоров и каменных долот, как ковкого железа, так и стали. Сталь также была известна китайцам еще в 2220 году до нашей эры, и они были знакомы с методами ее закалки. Хорошее качество китайской стали привело к тому, что она высоко ценилась западными странами. Предполагается, что первыми людьми, выплавлявшими железо, были халибы, народ, населявший окрестности Черного моря; именно от них происходит древнее название стали — *чалибы*, а также наше слово “чалибат”.

Ртуть известна давно, но нет никаких свидетельств того, что древние египтяне знали о ее существовании, иначе она, вероятно, была бы упомянута Геродотом. Оно было знакомо Аристотелю, а способ его изготовления из киновари описан Теофрастом (320 г. до н.э.), который называет его “жидким серебром”. Процессы амальгамирования были известны Плинию, который отмечает, с какой готовностью ртуть растворяет золото. Плиний, по-видимому, отличает самородный металл, найденный в Испании, который он называет *argentum vivum* (ртуть), от металла, получаемого возгонкой или дистилляцией киновари, которую он называет *hydrargyrum*, откуда мы получаем химический символ ртути Hg.

Древним было известно значительное количество соединений металлов, которые использовались ими в качестве лекарств и пигментов. В качестве эшаротиков использовались оксиды меди, известные как *flos aris*, и *шлаковые отложения*, полученные нагреванием медных брусков до покраснения и воздействием на них воздуха. Вердигрис, или *эругу*, изготавливался теми же методами, что и сейчас. Синий купорос, или *халькант*,

описан Плинием, который говорит, что голубые прозрачные кристаллы образуются на нитях, подвешенных в его растворе.

В качестве зеленого пигмента использовали хризоколлу, малахит или карбонат меди. Синий *κύανος* у греков, или *хрулей* у римлян, получали путем смешивания щелочи, песка и оксида меди. *Ботрит*, *плацит*, *онихит*, *острацит* были разновидностями *кадмии* или оксида цинка, получаемого прокаливанием каламина, и использовались при лечении язв и т.д. *Молибдена*, что было латинским названием *litharge*, использовалась наружно как вяжущее средство и при изготовлении гипса. Свинцовый пластырь, применявшийся римскими хирургами, был практически идентичен по характеру и способу приготовления тому, что используется сегодня. *Церусса*, или свинцовые белила, как и сейчас, изготавливались путем воздействия паров уксуса на свинцовые листы. Он использовался в медицине, в качестве пигмента и при приготовлении косметики. *Cerussa usta*, вероятно, был свинцовым красителем. Его нынешнее название *сурик* первоначально применялось к киновари, красному сульфиду ртути, который часто фальсифицировали свинцовым красителем.

Киноварь, ранее добывавшаяся в Африке, а римлянами - в Испании, также использовалась наружно в медицине и была высоко ценным пигментом, ценность которого была известна китайцам с очень ранних времен. Черный сульфид сурьмы, *stimmi* и *сурьма* Диоскорида и Плиния, использовался женщинами в Азии, Греции, а затем и в Западной Европе, и до сих пор используется на Востоке для придания ресницам черного цвета. Препараты сурьмы использовались в медицине. *Реальгар*, алый сульфид мышьяка, *сандарак* Аристотеля и *арренихон* Теофраста использовались в качестве пигмента, а также в медицине, как для внутреннего, так и для наружного применения. Желтый сульфид мышьяка, или *пигментный порошок* (*orpiment*), также использовался для тех же целей.

В дополнение к вышеупомянутым пигментам художники использовали различные виды желтой и красной охры, такие как *рубрика*, железная охра темно-красного цвета, и *синопис*, или *реддл*, получаемый из Египта, Лемноса и Балеарских островов. В качестве коричневых пигментов использовались оксиды марганца. Белый пигмент, *паратоний*, вероятно, был пенковым. *Мелинум* был разновидностью мела, найденного на Самосе. Древние были хорошо знакомы с индиго и мареной, а также с методом изготовления озер, которым пользовались греческие художники.

Знаменитый *пурпуриссум* представлял собой мел или глину, окрашенную погружением в раствор тирского пурпура. *Атраментум* был лампово-черным: черный цвет цвета слоновой кости использовался Апеллесом и был известен как *элефантинум*. Чернила древних состояли из ламповой сажи, суспендированной в растворе камеди или клея. *atramentum indicum*, импортированный с Востока, был идентичен китайским чернилам.

Древние были искусны в крашении и даже в набивке ситца. Тирийцы производили свой знаменитый фиолетовый краситель еще в 1500 году до нашей эры. Его получали из моллюсков, в основном вида *мурекс*, обитающего в Средиземноморье. Было показано, что тирский пурпур представляет собой *дибром-индиго* и образуется в результате воздействия воздуха и света на соки, выделяемые моллюсками. Тонкое полотно Ветхого Завета, вероятно, было хлопком, производством которого издавна славился Египет. То, что египтяне были знакомы с использованием протравы, очевидно из следующего отрывка Плиния, процитированного Томсоном:

В Египте существует замечательный метод окрашивания. Белая ткань окрашена в различных местах не красителями, а веществами, которые обладают свойством впитывать цвета; эти аппликации не видны на ткани, но когда их опускают в горячий котел с красителем, они вытягиваются через мгновение после окрашивания. Примечательным обстоятельством является то, что, хотя в чане находится только один краситель, на ткани появляются разные цвета; впоследствии цвет не может быть удален.

Этот отрывок точно описывает процесс крашения хлопка мареной, при котором различные стойкие цвета — красный, коричневый и пурпурный — могут быть получены из одного чана с использованием различных протрав, таких как оксид алюминия, оксид железа или олово и т.д.

Стекло было известно с самых ранних времен. Изображения стеклодува были найдены на памятниках Фив и Бени-Хассана, а большое количество стекла было экспортировано в Грецию и Рим из Египта, в основном финикийцами. Аристофан упоминает его как *гуалос* и говорит о нем как о прекрасном прозрачном камне, используемом для разжигания огня. Египтяне использовали различные оксиды металлов для окрашивания стекла. *Хематинон* Плиния представлял собой красное стекло, окрашенное окисью меди. Оксид меди использовался для окрашивания стекла в зеленый цвет; было обнаружено, что древнее синее стекло содержит кобальт. Дорогая *ваза муррина* римлян, добываемая в Египте, вероятно, состояла из плавикового шпата, идентичного Голубому Джону из шахт Дербишира.

Керамика производилась с незапамятных времен, а китайцы производили фарфор с очень давних времен. Кирпичи и черепицу делали римляне, а строительный раствор и штукатурку использовали древние египтяне.

Мыло (*sapo*) упоминается Плинием, но его моющие свойства, по-видимому, были ему неизвестны. По-видимому, впервые его изготовили галлы, которые готовили его из золы бука и козьего жира и использовали в качестве помадки, как это делала *молодая женщина* из Рима. Однако древесная зола, как и натрон, использовалась древними из-за их очищающих свойств.

Крахмал, уксусная кислота, сера, квасцы или неочищенный сульфат алюминия, пчелиный воск, камфара, битум, нефть, асфальт, нитрум (карбонат соды), поваренная соль и известь - все это было известно египтянам и использовалось ими для многих целей, в которых они используются сегодня.

Из этого краткого обзора будет очевидно, что древние обладали значительным знанием многих операций технической химии; но, хотя они обязательно должны были накопить большой объем знаний, до нас дошло очень мало относительно способа, которым проводились их процессы, или относительно мер предосторожности, которые они применяли для обеспечения единообразных результатов. Их методы, вероятно, ревниво охранялись и передавались сменяющимися друг друга мастерами как драгоценные секреты. Опытные мастера этих ремесел, должно быть, сталкивались со многими странными и сбивающими с толку явлениями в ходе своей работы, и это, должно быть, временами пробуждало в них дух исследования. Но в условиях, в которых преследовались их отрасли, научный дух не мог свободно развиваться, поскольку наука в основном зависит от свободного обмена фактами и распространения знаний о природных явлениях. Более того, великие умы древности, по большей части, не испытывали особого сочувствия к деятельности ремесленников, которые, по крайней мере у греков и римлян, были, по большей части, рабами. Философы учили, что промышленный труд, как

правило, снижает уровень мышления. Священники в большинстве веков более или менее косо смотрели на попытки мирян слишком пристально вникать в причины природных явлений. Изучение природы в древние времена было невозможно по религиозным причинам. В Афинах поднялся шум, когда удары молнии Зевса приписали столкновению облаков. Анаксагор, Диоген Аполлонийский, Платон, Аристотель, Диагор и Протагор были обвинены священниками в богохульстве и отправлены в изгнание. Продикос, обожествлявший силы природы, как и Эмпедокл первичные стихии, был казнен за нечестие. Жречество в Афинах питало к науке не больше симпатии, чем Святая Конгрегация в Италии, когда она запретила труды Коперника, Кеплера и Галилея и отправила Джордано Бруно на костер. Образованные греки не были заинтересованы в наблюдении или объяснении явлений технических процессов. Какими бы склонными они ни были к спекуляциям, у них не было склонности экспериментировать или заниматься терпеливым накоплением знаний о физических фактах. “Вы, греки, ” говорит Платон в одном из своих Диалогов, “ всегда были детьми, не имеющими представления ни о древности, ни о древности знаний!” Влияние ложного аристотелизма, продолжавшееся на протяжении многих веков и даже после времен Бойля, было полностью противоположно истинным методам науки, и химия как наука смогла развиваться только тогда, когда философия освободилась от схоластики.

ГЛАВА II

Химическая философия древних

Рассуждения о происхождении и природе материи, а также об условиях и силах, которые воздействуют на нее, можно найти, более или менее несовершенно развитые, в древнейших философских системах, о которых у нас есть какие-либо сведения. Эти предположения ни в каком реальном смысле не основаны на систематическом наблюдении природных явлений. Тем не менее, поскольку они апеллируют к человеческому разуму, их следует считать основанными на опыте или, по крайней мере, не противоречащими ему сознательно: все древнейшие космогонии рассматривали воду как фундаментальный принцип вещей: от Океано произошли боги — сами обожествленные персонификации “элементов” или принципов, из которых был создан мир.

С течением времени это учение о происхождении и сущностной природе материи стало более тесно ассоциироваться с именем Фалеса Милетского, который жил за шесть столетий до нашей эры и которого, согласно Тертуллиану, следует считать первым из рода натурфилософов, то есть первым из тех, кто поставил своей задачей исследование естественных причин и явлений. Известно, что Фалес провел несколько лет своей жизни в Египте и был обучен науке у жрецов Фив и Мемфиса; и поэтому возможно, что египетское учение оказало влияние на формулирование его космологических теорий.

То, что учение Фалеса просуществовало на протяжении двадцати четырех столетий, свидетельствует о том упорстве, с которым разум цепляется за догму и почитает авторитет. Можно показать, что это повлияло на ход химических исследований вплоть до конца

восемнадцатого века. Она оказала влияние на экспериментальные труды таких разных по характеру философов, как Ван Гельмонт, Бойль, Бурхаав, Пристли и Лавуазье — все они предпринимали попытки доказать или опровергнуть ее адекватность. Ван Гельмонт, действительно, был одним из самых ярых сторонников доктрины Фалеса и стремился подтвердить ее с помощью наблюдений, которые при отсутствии каких-либо знаний об истинной природе воздуха и воды казались в то время неопровержимыми. Возможно, наиболее часто цитируемым является его наблюдение за ростом растения, у которого, по-видимому, не было другого источника питания, кроме воды. Он описывает, как посадил иву весом 5 фунтов. в 200 фунтов. из земли, предварительно высушенной в духовке. Растение регулярно поливали, и через пять лет выяснилось, что оно весит 169 фунтов 3 унции, в то время как земля после повторного высыхания потеряла всего 2 унции. по весу. Следовательно, 164 фунта. древесные вещества, листья, корни и т.д. Были произведены, По-видимому, только из воды. Должно было пройти более столетия, прежде чем был получен какой-либо ключ к истинной интерпретации эксперимента Ван Гельмонта. Впервые он был получен в результате наблюдений Ингенхауза и Пристли.

Хотя идею первичного “элемента” или общего принципа можно найти в каждой философской системе старого света, древние философы ни в коем случае не были согласны относительно ее характера. Анаксимен, живший около 500 года до н.э., учил, что это воздух, Гераклит Эфесский - что это огонь, а Ферекид - что это земля. Предположение о том, что для объяснения всех форм материи и всех явлений и манифестаций материального мира можно использовать единый изначальный принцип, имело свои трудности. Попытки сгруппировать качества в качестве принципов и построить на основе этих принципов вселенную действительно предпринимались еще до эпохи Фалеса. Рассматривать эти принципы или “элементы” как взаимообусловленные было сравнительно простым эволюционным шагом. Теория образования дождя Анаксимена была неявным допущением такой конвертируемости. Этот философ учил, что дождь идет в результате сгущения облаков, которые, в свою очередь, образовались в результате сгущения воздуха. Все происходит из воздуха и все возвращается в воздух. То, что вода может быть превращена огнем в воздух, предполагалось с самых ранних времен. Такое предположение естественным образом возникло из того обстоятельства, что повсеместно считалось, что вода исчезает или переходит в воздух под воздействием огня или солнечного тепла. Предположение превратилось в устойчивую веру в средние века. Даже Пристли еще в конце восемнадцатого века на какое-то время вообразил, что получил доказательство такого взаимного обращения. В возможность превращения воды в землю верили на протяжении двадцати веков, и только Лавуазье окончательно опроверг ее в 1770 году. Концепция огня как первичного принципа берет свое начало в поклонении огню, или солнцу, халдеев, скифов, персов, парсов и индусов, и поэтому нетрудно проследить, как тепло стало рассматриваться либо как предшествующее другим первичным принципам, либо как связанное с ними. Эмпедокл, по-видимому, был первым, чье имя дошло до нас, кто вновь ввел определенную концепцию четырех первичных элементов — огня, воздуха, воды и земли. Их он рассматривал как отдельные и неспособные к преобразованию, но образующие все разновидности материи путем смешивания в различных пропорциях. Эти принципы он обожествил: Зевс был олицетворением стихии огня, здесь воздуха, Нестис - воды, а Адониус - земли.

Учение о четырех элементах было также принято Платоном и расширено Аристотелем, с именем которого оно действительно обычно ассоциируется. Аристотель, величайший научный мыслитель среди греков, пользовался почти наивысшим авторитетом в Европе на протяжении

почти двадцати столетий. Его влияние прослеживается во всей химической литературе намного позже времен Бойля. Это может быть обнаружено даже сейчас. Вероятно, немногие из тех, кто сегодня пишет химические мемуары и кто следует освященной веками практике предварять свой вклад в познание изложением того, что уже известно по данному предмету, осознают, что, поступая таким образом, они подчиняются предписаниям Аристотеля. Его теория природы материи содержится в его трактате о *зарождении и разрушении*. Она в основном отличалась от теории Эмпедокла тем, что рассматривала четыре “элемента” как взаимообусловленные. Каждый “элемент” или принцип рассматривался как обладающий двумя качествами, одно из которых было общим для другого элемента или принципа.

Итак: огонь горяч и сух; воздух горяч и влажен; вода холодна и влажна; земля холодна и суха.

В каждом первичном “элементе” преобладает одно качество. Огонь более горячий, чем сухой; воздух более влажный, чем горячий; вода более холодная, чем влажная; земля более сухая, чем холодная. Относительная пропорция и взаимное действие этих качеств определили специфический характер “элемента”. Таким образом, если сухость огня преодолевается влагой воды, образуется воздух; если тепло воздуха преодолевается холодом земли, образуется вода; если влага воды преодолевается сухостью огня, получается земля. Древняя химическая литература содержит множество иллюстраций или диаграмм, символизирующих превращаемость или взаимные отношения четырех “элементов”.

Часто заявлялось, что влияние перипатетической философии было враждебным развитию науки. Но на самом деле основатель этой школы, потомок Эскулапа и, несомненно, один из величайших и наиболее просвещенных мыслителей древности, был идеальным человеком науки. Это совершенно очевидно из тех его работ, подлинность которых может быть доказана. Многие из того, что называется аристотелизмом, совершенно чуждо духу учения Аристотеля. Средневековые аристотелианцы были в основном диалектиками и почти полностью интересовались формулами силлогистического вывода, не испытывая реальной симпатии к его системе и не зная ее. Многие из того, что приписывалось ему и чему соответственно поклонялись, несомненно, является фальшивым. Следовательно, слава Учителя пострадала от рук тех, кто, называя себя перипатетиками, ни в коем случае не были последователями его метода или интерпретаторами его догмы в собственном смысле этого слова. Аристотель утверждал, что естественная наука может быть основана только на знании фактов, а факты могут быть установлены только путем наблюдения и эксперимента. Он иллюстрирует это, в частности, ссылкой на астрономию, “которая, “ говорит он, ” основана на наблюдении астрономических явлений, и это относится к любой отрасли науки или искусства”. Поэтому ошибочно и несправедливо предполагать, что философия Аристотеля в том виде, в каком он ее преподавал, противоречит истинным методам науки.

Знание трудов Аристотеля было перенесено византийскими писателями в Египет; и когда в седьмом веке эта земля была захвачена арабами, они переняли его систему, распространяя ее повсюду, где простирались их завоевания. В восьмом веке они перенесли его в Испанию, где он процветал на протяжении всей их оккупации этой страны. С девятого по одиннадцатый век большая часть Европы находилась в состоянии варварства. Мусульманский халифат в Испании под благодетельным правлением Юсуфа и Якуба единственный спас науку от вымирания. Кордова, Севилья, Гренада и Толедо были главными центрами образования в Западной Европе; и в основном благодаря “совершенному и славнейшему физику” мусульманину Ибн-Рошду,

более известному как Аверроэс (1126-1198), христианские схолиасты, такие как Роджер Бэкон, приобрели свои знания о философской системе Аристотеля, и в основном через мусульман Гебера и Авиценну они познакомились с наукой Востока.

Концепцию о том, что материя состоит из частиц или *атомов*, и что эти частицы находятся в состоянии непрерывного движения, можно встретить в индуистской и финикийской философии. Этому учили греков Анаксагор, Левкипп и Демокрит, а римлян - Лукреций. Левкипп и Демокрит объясняли сотворение мира исключительно физическими факторами без вмешательства творческого разума. Согласно их теориям, атомы изменчивы не только по размеру, но и по весу. Самые маленькие атомы также самые легкие. Атомы непроницаемы; никакие два атома не могут одновременно занимать одно и то же место. Столкновение атомов придает им колебательное движение, которое передается соседним атомам, а те, в свою очередь, передают его самым отдаленным. Анаксагоручил, что каждый атом - это мир в миниатюре и что живое тело представляет собой скопление атомов, полученных из питательных веществ, которые его поддерживают. Растения - это живые существа, наделенные, как и животные, дыхательными функциями и, подобно им, состоящие из атомов. Этот философ был настолько старше своего возраста, что его соотечественники обвинили его в святотатстве, и он избежал смерти только бегством. Кроме того, предположение о том, что эти атомы оказывают взаимное притяжение и отталкивание, вероятно, так же старо, как и сама фундаментальная концепция. По крайней мере, насколько можно проследить, представления об атомах и атомном движении неразрывно связаны. Здесь не место развивать последующую историю учения об атоме, и нам нет необходимости сейчас заниматься старыми метафизическими рассуждениями о его делимости. Возможно, как сказал Лукреций, первоначальный атом находится очень далеко внизу. Возможно, физический атом - это нечто, что *is* разделено, а не то, что *нельзя* разделить. Эта теория, смутно различимая в тумане древности, росла и укреплялась с течением веков, и в ее современном применении к фактам химии приобрела точность и гармонию, невообразимые даже поэтам и мыслителям древности. Позже мы увидим, как она контролировала, освещала и оживляла весь ход науки. Не будет преувеличением сказать, что современная химия представляет собой обширную разработку этого первобытного учения.

ГЛАВА III

Алхимия

Хотя интеллектуальные тенденции эллинского разума вряд ли были рассчитаны на то, чтобы способствовать развитию химии как науки, рассуждения греков о сущностной природе материи и взаимной конвертируемости "элементов" случайно привели к расширению искусства оперативной химии. Это расширение стало результатом попыток осознать то, что было логическим результатом учения их философов, а именно возможность трансмутации металлов. Идея трансмутации зародилась в древнейших философских системах. Это была правдоподобная доктрина, не совсем не подкреплённая явлениями органического мира; и она,

естественно, понравилась людям, которые были слишком склонны принимать то, во что их алчность и любовь к богатству предрасполагали их верить.

Предполагалось, что алхимия никогда в своей истории не имела ни малейших претензий на философское обоснование, но что ее профессора и адепты, даже в самом начале, сознательно пользовались доверчивостью и жадностью своих обманутых. Много можно возразить против такого пристрастного взгляда. Это предположение не согласуется с историей или эволюционными тенденциями. Возможно, как однажды сказал Дэви, “аналогия - плодотворный источник ошибок”; но идея о том, что металлы могут быть модифицированы — даже превращаться один в другой, — казалось, нашла поддержку в бесчисленных химических явлениях, хорошо известных, но недостаточно понятых. Тот факт, что алхимией — то есть профессией получения золота из других металлов — стали заниматься мошенники, не доказывает, что у нее никогда не было и не могло быть философской основы.

Изменения, которые вещества претерпевают под влиянием огня, воздуха и воды или в результате их действия друг на друга, часто бывают настолько глубокими, что даже самые поверхностные из первых наблюдателей химических процессов не могли не быть впечатлены ими. Многие из этих изменений, на самом деле, гораздо более разительны в том, что касается изменения внешних характеристик, таких как цвет, блеск, плотность и т.д., чем различия между отдельными металлами; скажем, между свинцом и оловом, или между оловом и серебром, или между латунью и золотом. То, что из медных руд при соответствующей обработке другими рудами или из самой меди при добавлении другого металла можно получить вещество металлического вида, обладающее определенными свойствами золота, было известно самым ранним производителям металлов. То, что считается старейшим из существующих химических трактатов, - это папирус, находящийся в распоряжении Лейденского университета. Он состоит из ряда инструкций по обработке металлов и сплавов и описывает методы имитации и фальсификации благородных металлов. Это объясняет, как с помощью мышьяка некоторым металлам может быть придан белый цвет и как при добавлении кадмия медь приобретает цвет золота. В том же папирусе описывается метод чернения металлов с использованием препаратов серы. Ограниченные знания о химических явлениях и процессах, которыми обязательно обладали эти первые исследователи, не только не исключали веру в возможность трансмутации, но даже поощряли ее. Поскольку ничего не было известно об истинной природе латуни или о ее точном соотношении с медью, было вполне разумно предположить, что, если бы это вещество можно было заставить приобрести *некоторые* свойства золота с помощью процесса, по существу химического, процессы аналогичной природы могли бы заставить его приобрести, если не *все*, по крайней мере, столько из них, чтобы оно могло сойти за золото большей или меньшей пробы. Для них, как и для нас, совершенство в технической практике было вопросом степени: сам язык металлургов древности в этом отношении ничем не отличался от языка металлургов наших дней.

Нет необходимости предполагать, что эти ранние попытки были преднамеренными мошенничествами, подобно попыткам чеканщиков монет, которые сознательно стремятся создать сплав свинца и олова, имитирующий серебро. Первые алхимики добросовестно стремились создать нечто, что соответствовало бы истинной природе и сущности золота, каким они его себе представляли. Фактически, идея трансмутации имела рациональное обоснование в теории внутренней природы металлов, которую можно рассматривать как развитие древних верований о сущностной природе всех форм материи.

Точно так же, как аристотелевские "элементы" были качествами, которые в зависимости от их степени определяли природу веществ, точно так же специфический характер металла зависел от относительного содержания в нем "серы" и "ртути". Эти термины не имели определенного отношения к тому, что мы сегодня понимаем под серой и ртутью. Они обозначали просто качества. Сущность или "элемент" ртути придавал блеск, податливость, пластичность и плавкость, или, говоря в общих чертах, свойства, которые мы обозначаем как металлические; в то время как сущности или "элементу" серы следовало приписать горючесть — или, говоря в общих чертах, изменчивость — металла при воздействии огня. Было задумано, что путем изменения относительного соотношения этих составляющих элементов или путем очистки их от посторонних веществ с помощью химических операций несколько металлов могут быть преобразованы один в другой. Для осуществления этого очищения необходимо было добавлять различные препараты, известные как "лекарства", главным из которых был *Великий эликсир*, или *Магистериум*, или *Философский камень*, с помощью которого можно было достичь окончательного превращения в благороднейший из металлов.

Арабские слова *kímyâ* и *iksír* изначально были синонимами, и каждое использовалось для обозначения агента, с помощью которого неблагородные металлы могли быть преобразованы в серебро и золото. В конечном счете, первый термин был ограничен для обозначения искусства трансмутации (алхимии), тогда как *иксир*, или *аль-иксир*, продолжал обозначать средство, с помощью которого осуществлялась трансмутация. Более поздними авторами этот термин использовался для обозначения жидкого препарата — *квинтэссенции философов*, откуда мы и получили слово *эликсир*, которое всегда означает жидкость.

Алхимическую теорию сложной природы и взаимных связей металлов обычно приписывают Геберу; но, хотя он принял ее, он отчетливо заявляет, что она возникла не у него, а что он нашел ее в трудах своих предшественников.

Идея камня, философского порошка, великого магистериума, эликсира, настойки, квинтэссенции — под всеми этими терминами преобразующее средство известно в литературе по алхимии — вероятно, связана с другой концепцией происхождения металлов, которая восходит к очень ранним временам и была распространена на протяжении всего средневековья. Издревле предполагалось, что металлы *образуются* внутри земли, подобно тому, как животные и растения зарождаются на ее поверхности, и что для инициирования их образования необходимо нечто сродни семени. Великая проблема алхимии заключалась в том, чтобы обнаружить это оплодотворяющее вещество, поскольку от него зависело происхождение совершенного металла. Эта идея концепции металлов проходит через алхимическую литературу. Это объясняет многие аллюзии и большую часть терминологии авторов. Например, о печи, в которой алхимик создает свою проекцию, постоянно говорят как о *философском яйце*.

Невозможно с уверенностью сказать, когда и где зародилось искусство алхимии. Нет никаких доказательств того, что оно имеет ту древность, на которую претендовали некоторые из его адептов. Олеус Боррихиус относил это ко временам Тубал-каина. Самыми ранними авторами по алхимии, вероятно, были византийские священнослужители, некоторые из которых утверждали, что приписывают это искусство Египту и, в конечном счете, мифологическому божеству Гермесу, чья связь с химией в таких терминах, как "герметическое искусство", "герметически запечатанный" и т.д., объясняется таким образом.

Установлено, что в какой—то период до десятого века возник особый класс химиков-оперативников, по большей части более сведущих в химических явлениях в целом и более искусных в химических манипуляциях, чем ремесленники, занятые изготовлением технических изделий. Они посвятили себя поиску методов, с помощью которых обычные и неблагородные металлы могли бы быть преобразованы в серебро и золото. Первое известное определение химии относится к цели и операциям этого особого класса. Это встречается в словаре Суидаса, греческого писателя одиннадцатого века, который определяет химию как приготовление серебра и золота. Попытки искусственного получения благородных металлов, вероятно, зародились у арабов, которые вслед за египтянами и греками занялись химическими исследованиями.

Ни Гесиод, ни Гомер не упоминают об искусстве получения золота из какого-либо другого металла и не говорят об универсальном лекарстве. На них не ссылаются ни Аристотель, ни его ученик Теофраст. Плиний нигде не упоминает о философском камне, хотя он рассказывает историю Калигулы, который, соблазненный своей алчностью, пытался получить золото из орпимента (*auripigmentum*) путем дистилляции. “Результатом было то, что он действительно получил и то, и другое, причем самого лучшего качества; но в таком малом количестве и с таким большим трудом и оборудованием, что, поскольку прибыль не компенсировала расходы, он отказался”.

Согласно Бурхааве, первым автором, который упоминает *алхимию*, является Юлий Фирмикус Матернус, живший при Константине Великом, и который в своем “*Matezise*”, с. 15, говоря о влияниях небесных тел, утверждает, “что, если луна будет в доме Сатурна, когда родится ребенок, он будет искусен в алхимии”.

Первым автором, который упоминает о возможности превращения металлов, по-видимому, является греческий богослов по имени Эней Гарай, живший в конце пятого века и написавший комментарий к Теофрасту. За ним последовали Анастасий Синаит, Синцелл, Стефан, Олимпиодор; и, по словам Бурхааве, “еще не менее пятидесяти человек, все греки, и почти все они монахи”. “Искусство, казалось, теперь принадлежало только грекам, и среди них мало кто писал, кроме религиозных людей, которые из-за своей великой лени и уединенного образа жизни были вовлечены в тщетные, восторженные спекуляции, оказывающие большую медвежью услугу искусству и искажающие его.... Все они писали естественным стилем Схоластов, полным жаргона, гримас и неясностей”.

Можно сказать, что экспериментальная алхимия, в отличие от промышленной химии, зародилась, как уже говорилось, у арабов. Сначала алхимия рассматривалась как раздел искусства врачевания, и ее профессорами неизменно были врачи, которые занимались приготовлением химических лекарств. Фактически, вначале его истинной целью считалось то, что впоследствии определили Парацельс и школа ятрохимиков. Под властью халифов изучение химии достигло значительного прогресса, и ее литература значительно пополнилась. Самым известным именем в истории химии VIII века был **Абу-Мусса-Джабир-Ас-Суфи** — иначе **Гебер** — (родился в 702 году, умер в 765 году), который, как утверждается, был либо уроженцем Месопотамии, либо греком и христианином, который впоследствии принял магометанство, отправился в Азию и овладел арабским языком. По словам Льва Африканского, грека, писавшего о древности арабов, книга Гебера изначально была написана на греческом и переведена оттуда на арабский, и он не был известен под именем Гебер, что означает *великий*

человек или принц, до появления этой версии. Латинские переводы того, что считалось его произведениями, были впервые опубликованы в начале шестнадцатого века, а английский перевод появился в 1678 году. Исходя из этого, можно предположить, что Гебер рассматривал все металлы как соединения "серы" и "ртути", различия между которыми зависели от относительной пропорции и степени чистоты этих компонентов. Говорят, что он различал их по астрологическим названиям планет: так золото стало *Солнцем*, серебро - *Луной*, медь - *Венерой*, железо *Марсом*, олово - *Юпитером*, а свинец - *Сатурном*. То, что существовала оккультная связь металлов со звездами, было частью вероучения алхимии, и влияние этой веры до сих пор прослеживается в химической, и особенно в фармацевтической, литературе; как, например, в таких терминах, как *Лунный каустик*, *марсианские препараты*, *растворы Сатурна*, и т.д.

Считалось, что идея универсального лекарства зародилась у Гебера. Но это может быть связано с неправильным толкованием его слов, которые на самом деле могут относиться к превращению металлов. Он рассказывает о лекарстве, которое излечивает всех прокаженных. Но это может быть не что иное, как аллегория. Под *человеком*, вероятно, подразумевается золото, а под *прокаженными* - другие металлы; а лекарство является универсальным растворителем или средством, которое преобразует. Алхимическая литература полна аллегорий этого персонажа. Бертло показал, что на самом деле было два гебера — один, которого обычно считают арабом по происхождению, и другой, личность которого не установлена, но который, вероятно, был западноевропейцем и, по-видимому, жил примерно в 1300 году.¹

¹ Нет почти никаких сомнений в том, что произведение "Филелетха", которое якобы взято из "Рукописи Ухралтен", хранящейся в библиотеке Ватикана, озаглавлено "*История арабов*" и опубликовано Иероном. Philippi. Нитшель, Франкфурт и Лейпциг в 1710 году являются поддельными.

Другими известными именами в истории арабской алхимии являются **Разес**, или **Абу Бакр Мухаммед ибн Закарайя эль-Рази**, живший около 925 года, и **Авиценна**, или по-арабски **Абу Али эль-Хосейн ибн Абдаллах ибн Сина**, родился в 980 году, умер в 1037 году. Первый, перс, практиковал медицину в Багдаде как последователь Галена и Гиппократы. Последний, один из самых выдающихся мусульманских врачей и объемистый писатель, был уроженцем Бухары. В истории науки он известен главным образом своим *Каноном медицины*, в котором он описывает состав и приготовление лекарственных средств. Он написал по крайней мере один трактат по алхимии, но другие, приписываемые ему, вероятно, апокрифичны. От его *Восточной философии*, упомянутой Роджером Бэконом и Аверроэсом, не осталось и следа.

Хотя вполне очевидно, что алхимики времен Гебера и его преемников были хорошо знакомы с химией манипуляций, в алхимический период было так много наглых литературных подделок, что точный объем знаний, которыми обладали ранние химики, всегда должен оставаться неопределенным.

Ряд обычных химических процессов, таких как дистилляция, сублимация, прокаливание, фильтрация, по-видимому, были известны арабским химикам и широко применялись ими; и многие солевые вещества, такие как карбонат соды, перламутровая крошка, нашатырный спирт, квасцы, медь, бура, нитрат серебра, киноварь и сублимат коррозии, были получены ими.

Похоже, они знали о некоторых минеральных кислотах и были знакомы со свойствами растворителя *царской водки*.

Изучение литературы по алхимии позволяет показать, как развивались ее принципы. Впервые о философском камне слышали в двенадцатом веке. До этого периода большинство греческих и арабских авторов довольствовались утверждением факта трансмутации, не указывая, как это может быть достигнуто. Универсальное лекарство и эликсир жизни были продуктами более поздней эпохи; никаких упоминаний о них не известно ранее тринадцатого века.

Алхимия бурно процветала в Средние века и просуществовала даже до начала девятнадцатого века. Его история - это просто длинная глава в истории человеческой доверчивости. По большей части это отчет о самообмане, самозванстве и мошенничестве. Между седьмым и четырнадцатым веками была написана богатая литература, в основном работы духовенства; но что касается искусственного получения благородных металлов или открытия универсального лекарства или эликсира жизни, то это не принесло никаких результатов.

Хотя провести четкую демаркационную линию невозможно, при рассмотрении личной истории алхимии может быть удобно разделить ее на два периода до и после Парацельса, поскольку под его вдохновением и примером алхимия претерпела большое развитие в том, что касается провозглашаемых ею целей. В конце концов они стали настолько экстравагантными, что, какими бы широкими ни были пределы человеческой доверчивости, их притязания постепенно подорвали им репутацию, и они пали под тяжестью собственной абсурдности.

Одним из наиболее авторитетных ранних западных алхимиков был **Альберт Грут**, или **Альбертус Магнус**, родившийся в Лауингене в 1193 году. Он был монахом-доминиканцем, ставшим епископом Регенсбурга, но, отказавшись от своего епископства, удалился в монастырь в Кельне, где посвятил себя науке до своей смерти в 1282 году. Ему приписывают авторство ряда химических трактатов, по большей части написанных ясным и доходчивым языком, чего нельзя сказать о большей части алхимической литературы. Он дает отчет о происхождении и основных свойствах химических веществ, известных в его время, и описывает аппараты и процессы, используемые химиками, такие как водяные бани, перегонные кубики, алудели и купели. Он говорит о винном камне, квасцах и едкой щелочи, свинцовом красном, печени из серы и мышьяка, зеленом купоросе и железном колчедане.

Одновременно с ним был **Роджер Бэкон**, доктор *Мирабилис*, один из самых эрудированных людей своего времени, который родился недалеко от Илчестера в Сомерсете в 1214 году, а после учебы в Оксфорде стал монахом, занялся философскими изысканиями и написал многочисленные трактаты по алхимии. Он описывает то, что, вероятно, было порохом, но нет точных доказательств того, что он его изобрел. В своем "*О секретах искусства и природы*", написанном до 1249 года, он дает инструкции по очистке селитры, а в анаграмме, которую интерпретировал полковник Хайм в своем "*Порохе и боеприпасах*", он утверждает, что смесь, "которая произведет громоподобный шум и яркую вспышку", можно приготовить, взяв "7 частей селитры, 5 частей молодого дерева орешника и 5 частей серы". Он умер в 1285 году.

Раймунд Люлли, друг и исследователь Бэкона, родился на Майорке в 1225 году (другие говорят в 1235 году) и был похоронен там в 1315 году. Член ордена миноритов, он имел большую репутацию алхимика; ему приписывается ряд книг по алхимии и химическим процессам. Он описал способы получения азотной кислоты и царской водки и изучил их действие на металлы.

Он получал спирт путем дистилляции и знал, как обезвоживать его с помощью карбоната калия, который он получал путем обжига винного камня. Он готовил различные настойки и эфирные масла, а также ряд металлических соединений, таких как красный и белый осадок. Ему обычно приписывают первую идею универсального лекарства.

Есть некоторая трудность поверить, что все, что приписывается Люлли, на самом деле было работой его эпохи, поскольку, по-видимому, у учеников и последователей известного ученого было обычной практикой объявлять о своих выступлениях под именем своего учителя — практика, небезызвестная в более поздние времена. “Они настолько полны экспериментов и наблюдений, которые встречаются у наших более поздних авторов, что либо эти книги должны быть предположительными, либо древние химики, должно быть, были знакомы с миром вещей, которые сошли за открытия современной практики” (Бурхааве). История гласит, что Люлли погрузился в изучение химии из желания вылечить девушку от рака груди и что его забили камнями до смерти в Африке, куда он отправился в качестве миссионера. Далее утверждалось, что в какой-то период своей жизни он добывал золото в Лондонском Тауэре по приказу короля и что он предложил Эдуарду III. запас в шесть миллионов долларов на войну с неверными. Как сухо замечает Бурхааве, “история этого выдающегося адепта очень запутанна”.

Арнольдус Вилланованус, или **Арно де Вильнев**, француз, как говорят, родился в 1240 году и практиковал медицину в Барселоне, где навлек на себя враждебность Церкви из-за своих еретических взглядов и был вынужден покинуть Испанию. Он вел бродячую жизнь, в конце концов поселившись на Сицилии, под покровительством Фридриха II, и приобрел большую репутацию врача. Вызванный оттуда Климентом V, который лежал больной в Авиньоне, он погиб в результате кораблекрушения в 1313 году.

Йоханнес де Рупецисса, или **Жан де Рактайяд**, монах-францисканец, живший примерно с середины до конца четырнадцатого века, написал ряд трактатов по алхимии и описал методы приготовления каломели и сублимата коррозии. Он был обвинен в занятиях магией и по приказу Иннокентия VI был брошен в тюрьму, где и умер. Он был похоронен в Вильфранше.

Джордж Рипли, англичанин, каноник Бридлингтона, практиковал алхимию во второй половине пятнадцатого века. Он провел некоторое время в Италии на службе у Иннокентия VIII. По возвращении в Англию он стал кармелитом и умер в 1490 году. Как и Бэкон, он был обвинен в магии. По словам Мундануса, он занимался алхимией с таким успехом, что смог передать рыцарям Святого Иоанна Иерусалимского большое количество золота для защиты острова Родос от турок.

Одним из самых важных имен в связи с историей алхимии является **Бэзил Валентайн**. О его личной истории ничего не известно. Предполагалось, что он был монахом-бенедиктинцем, жившим в Саксонии во второй половине пятнадцатого века; но есть основания полагать, что многочисленные сочинения, приписываемые ему, на самом деле являются делом разных рук. Попытка Максимилиана I. установить личность автора оказалась безрезультатной, и последующие расспросы не дали лучшего результата. Собрание книг, носящих его имя, впервые опубликованное в начале семнадцатого века, раскрывает довольно значительное количество химических фактов, до того времени не известных широкой публике. Наиболее важные из них относятся к сурьме и ее препаратам, таким как сурьмяное масло, порошок альгарота, оксид сурьмы и т.д. Кажется, он знал о мышьяке, цинке, висмуте и марганце. Он описал ряд препаратов ртути, и многие соли свинца были ему известны. Он упоминает

молниеносное золото и знал, что железо можно покрыть медью, погрузив в раствор синего купороса. Он знал о зеленом купоросе и двойном хлориде железа и аммония и рассказал о способах получения значительного количества других солей металлов, таких как *sal armoniacum*, который мы теперь знаем как нашатырный спирт. Он также, по-видимому, приготовил эфир, хлорид и нитрат этила.

Как уже говорилось, есть основания полагать, что многие опубликованные работы, приписываемые этим ученым мужам, являются работой безвестных личностей, которые спекулировали своей славой. То, что можно с уверенностью приписать им, служит доказательством того, что их теоретические взгляды имели много общего. Все они рассматривали превращение металлов и существование философского камня как факты, которые нельзя было оспорить. Они последовали за Гебером, предположив, что все металлы по своей природе являются сложными и состоят из эссенции или “элемента” ртути, соединенного с различными пропорциями эссенции или “элемента” серы.

Алхимики были профессиональными химиками своего времени, и многие из них были практикующими врачами. Действительно, можно сказать, что профессиональная химия возникла из физической практики. По мере того как количество химических продуктов увеличивалось и их ценность в терапии становилась все более и более ценной, возникла другая школа алхимиков, чья энергия была направлена не на трансмутацию металлов — которая, какой бы правдоподобной ни была вера, казалась безнадежной, — а на более непосредственные практические выгоды, которые, как было признано, должны были последовать из более тесной связи химии и медицины. Эта школа стала известна как ятрохимическая. Поскольку их доктрины оказали большое влияние на развитие химии, было бы желательно рассказать о них и их профессорах в специальной главе.

ГЛАВА IV

Философский камень

В четырнадцатом, пятнадцатом и шестнадцатом веках культ алхимии достиг статуса религии. Вера в трансмутацию, в достоинства и силу философского камня, в универсальное лекарство, алкагест и эликсир жизни составляли его догматы веры. Положение, которое она приобрела, было в какой-то степени обусловлено отношением к ней Римской церкви. Многие уважаемые епископы и отцы церкви были признанными алхимиками; и химические лаборатории, как и в египетских храмах, можно было найти в монастырях по всему христианскому миру. Папа Иоанн XXII, у которого была лаборатория в его дворце в Авиньоне, является известным автором работы "*Ars Transmutatoria*", опубликованной в 1557 году. Но в еще большей степени это было связано с тем фактом, что алхимия апеллировала к некоторым из сильнейших человеческих мотивов — желанию здоровья, страху смерти и любви к богатству. Это была хитроумно разработанная система, которая эксплуатировала слабости человеческой природы. Однако следует сказать, что политика Церкви не была последовательно и единообразно благоприятной для алхимии. Его практика иногда попадала под папский запрет, хотя иногда, в соответствии с требованиями

христианских князей, интердикт снимался. Теософия и мистицизм впервые были привнесены в алхимию не арабами, а христианскими деятелями. Тесная связь религии с алхимией в средние века очевидна в трудах Люлли, Альберта Великого, Арно де Вильнева, Базиля Валентина и других священнослужителей. Обращения к божественному авторитету свободно разбросаны по их страницам. Даже алхимик-мирянин заявлял, что руководствуется в своей жизни примером и наставлениями доброго епископа Регенсбурга. Ему было предписано быть терпеливым, усидчивым и настойчивым; сдержанным и молчаливым; работать в одиночку; избегать расположения принцев и знати и просить божественного благословения на каждую операцию растирания, сублимации, фиксации, прокаливания, растворения, дистилляции и коагуляции.

Хотя алхимия, по крайней мере в дни своего упадка, жила по большей части благодаря обращению к некоторым из низших инстинктов человечества и заслуживает внимания лишь как переходный этап в истории науки, несколько деталей, касающихся принципов и практики ее профессоров, могут заинтересовать любознательного читателя. И прежде всего, что касается природы философского камня — великого магистерия, квинтэссенции. Многие алхимики заявляли, что видели его и обращались с ним. Обычно его описывают как красный порошок. Люлли упоминает его под названием *Карбункул*. Парацельс говорит, что он был подобен рубину, прозрачному и хрупкому, как стекло; Беригард де Пиза — что он был цвета дикого мака с запахом нагретой морской соли; Ван Гельмонт — что он был подобен шафрану с блеском стекла. Гельвеций описывает его как сернистого цвета. Наконец, неизвестный автор под псевдонимом “Калид” говорит, что он может быть любого цвета — белого, красного, желтого, небесно-голубого или зеленого. Поскольку субстанция была полностью мифической, разумно ожидать определенной широты описания. Некоторые алхимики придерживались мнения, что магистратура бывает двух видов: первая, *великая* магистратура, необходимая для производства золота; вторая, *малая* магистратура, способная облагораживать металл только до уровня серебра. Затем, что касается сумм, необходимых для осуществления трансмутации, счета столь же противоречивы. Арно де Вильнев и Рупешисса утверждают, что одна часть великого магистерии превратит сто частей неблагородного металла в золото; Роджер Бэкон — сто тысяч частей; Исаак Голландский — миллион. Раймонд Люлли утверждает, что философский камень обладает такой силой, что даже золото, полученное с его помощью, облагородит бесконечно большое количество неблагородного металла.

Вряд ли есть необходимость утверждать, что препарат такой силы способен воздействовать на что угодно или вообще на все; и соответственно, с течением времени с ним стали ассоциироваться другие атрибуты, отличные от трансмутации. Возможно, как предполагает Бурхаве, идея универсального лекарства возникла из-за слишком буквальной интерпретации аллегории Гебера о шести прокаженных. Как бы то ни было, в четырнадцатом и пятнадцатом веках философский камень серьезно предписывался как средство сохранения здоровья и продления жизни. В случае болезни одно зернышко предписывалось растворить в достаточном количестве хорошего белого вина, находящегося в серебряном сосуде, и выпить после полуночи. Выздоровление наступало через определенный промежуток времени, зависящий от тяжести и возраста жалобы. Для поддержания хорошего самочувствия дозу необходимо было повторять в начале весны и осени. “Таким образом,” говорит Даниэль Захария, “человек может наслаждаться совершенным здоровьем до конца отведенных ему дней”. Исаак Голландский и Бэзил Валентин столь же откровенны, но в их случае рекомендуется принимать дозу один раз в месяц: таким образом жизнь будет продлена “до высшего часа, установленного царем небесным”. Другие алхимики не всегда были столь благоразумны в пророчествах. Артефий

определил предел человеческой жизни, продленный таким образом, в тысячу лет; утверждалось, что розенкрейцер Гуальдо прожил четыреста лет. Нам говорят, что Раймонд Люлли и Саломон Трисмозин с помощью этого обновили свою молодость. Венсан де Бове говорит, что преклонный возраст, в котором Ной зачал детей, мог быть вызван только использованием им философского камня. Дикинсон написал ученую книгу, чтобы доказать, что великая эпоха патриархов была обусловлена тем же секретом.

Но не только здоровье и продолжительность жизни были счастливой судьбой того, кто владел философским камнем; увеличение мудрости и добродетели в равной степени вытекало из его использования. Подобно тому, как он облагораживал металлы, он освобождал сердца от зла. Он делал людей такими же мудрыми, как Аристотель или Авиценна, смягчал невзгоды, изгонял тщеславие, амбиции и порочные желания. Адам получил его из рук Бога, и он был дан также Соломону, хотя комментаторы были весьма озабочены тем, почему, поскольку у него был философский камень, он должен был послать в Офир за золотом.

Было бы бесполезно пытаться описать рецепты, данные различными алхимиками для приготовления этого драгоценного вещества. С наигранной точностью временами они были намеренно неясны и всегда загадочны. Как сказал о них Бойль, они едва ли могли уберечься от опровержения, если бы не препятствовали ясному пониманию самих себя. Одного примера их рецептов должно быть достаточно: “Чтобы приготовить ртуть. —Из нескольких ингредиентов возьмите 2, 3 и 3,1; от 1 до 3 будет 4; 3, 2 и 1. Между 4 и 3 будет 1; 3 из 4 будет 1; затем 1 и 1, 3 и 4; 1 из 3 будет 2. Между 2 и 3 будет 1, между 3 и 2 будет 1. 1, 1, 1 и 1, 2, 2 и 1, 1 и от 1 до 2. Тогда 1 равно 1. Я рассказал вам все”. Неудивительно, что после столь же яркого объяснения ученик Арно де Вильнева воскликнул: “Но, учитель, я не понимаю”. На что учитель ответил, что он выразится яснее в другой раз.

Также нет необходимости распространяться о других достоинствах, которые в разное время приписывались философскому порошку, как, например, о его способности производить жемчуг и драгоценные камни или о его использовании при приготовлении *алкахеста*, или универсального растворителя, изобретенного Парацельсом. В своих попытках постичь глубины человеческой доверчивости алхимики в конце концов превзошли самих себя. Идея универсального растворителя несла в себе, как указал Кункель, свое собственное опровержение: если бы он растворял все подряд, ни один сосуд не смог бы его вместить. И все же, говорит Бурхааве, трудами школы Парацельса об алкахесте можно было бы заполнить целую библиотеку. С конца шестнадцатого века предпринимались неоднократные попытки разоблачить претензии и продемонстрировать абсурдность алхимии. Среди его противников можно назвать Томаса Эрастиуса, Германа Конрингиуса и иезуита Кирхера. Многие из их обманутой, властители и принцы, которые были достаточно могущественны, чтобы осуществлять это, время от времени мстили тем, кто, не обращая внимания на предписания Альберта Великого, слишком долго пользовался их доверчивостью. Император Рудольф II, получивший титул “Гермес Германии”, был ревностным практиком алхимии и имел хорошо оборудованную лабораторию в своем дворце в Праге, куда был приглашен каждый адепт. Ferdinand III. и Леопольд I также были покровителями герметического искусства, как и Фридрих I и его преемник Фридрих II, короли Пруссии. Действительно, в какой-то период почти при каждом дворе в Европе был свой алхимик с привилегиями придворного шута или поэта-лауреата. Мошенничество и самозванство, к которым приводила эта практика, время от времени приводили к принятию строгих законов против нее, и временами применение

оперативной химии становилось практически невозможным в некоторых странах. На пятом году правления Генриха IV (1404) было постановлено, что “Отныне никто не должен использовать для приумножения золото или серебро или использовать ремесло приумножения; и если то же самое произойдет, он понесет наказание за уголовное преступление”. По словам Уотсона, истинной причиной принятия этого Закона было не опасение, что люди могут погубить свое состояние, пытаясь добывать золото, а зависть к тому, что правительство не может быть выше просьбы о помощи в этом вопросе. В то же время нескольким лицам были выданы патенты, позволяющие им исследовать универсальное лекарство и производить трансмутацию металлов.

Альфонс Х. из Кастилии, автор *Ключа мудрости*, практиковал алхимию. Генрих VI., король Англии, и Эдуард IV. имели дело с адептами. Даже Елизавета Тюдор, которая была достаточно проницательной правительницей, имела на жалованье печально известного доктора Ди. Карл VII. и Карл IX из Франции, Кристиан IV из Дании и Карл XII из Швеции стремились пополнить свои истощенные сокровищницы с помощью философского камня. Если принцы в конце концов научились не доверять алхимикам, то алхимики в равной степени ценой своих усилий научились не доверять принцам. Герцог Юлиус Брауншвейгский в 1575 году сжег женщину-алхимика Мари Зиглерин, которая не выполнила своего обещания снабдить его рецептом для изготовления золота. Дэвид Бентер покончил с собой, спасаясь от ярости курфюрста Августа Саксонского. Брагадино был повешен в Мюнхене в 1590 году курфюрстом Баварии. Леонард Турнейссер, получивший в свое время дурную славу одного из самых беспринципных последователей Парацельса и сколотивший значительное состояние на продаже косметики и ноздрей, был лишен своих несправедливо нажитых доходов в 1584 году курфюрстом Бранденбургским и умер в нищете в монастыре. Борри, миланский авантюрист, обманувший датского короля Фридриха III, на долгие годы был заключен в тюрьму этим монархом и умер в плену в 1695 году. Вильгельм де Кронеман был повешен маркграфом Байройта, который с мрачной иронией распорядился прикрепить к его виселице надпись: “Когда-то я знал, как починить ртуть, а теперь я сам починил”. Гектор де Клеттенберг был обезглавлен в 1720 году Августом II, королем Польши.

Все последователи Гермеса не были столь осторожны или столь откровенны, как художник, который отклонил приглашение посетить двор Рудольфа II, сказав: “Если я адепт, мне не нужен император; если я не адепт, император не нуждается во мне”. Вполне мог бы Иоанн Клитемий, аббат Визенберга, написать: “*Vanitas, fraus, dolus, sophisticatio, cupiditas, falsitas, mendacium, stultitia, paupertas, десесперативно, фура, запретительно и нищенствующе, перед смертью.*”

Несмотря на нападки Кункеля, Бурхааве, старшего Жоффруа, Клапрота и других влиятельных химиков с хорошей репутацией, алхимия умирала тяжелой смертью. Она находила верующих в Англии почти до конца восемнадцатого века, и ее исповедовал даже член Королевского общества — доктор Джеймс Прайс из Гилфорда, который, огорченный разоблачением его притязаний, прекратил свое существование в 1783 году. Герметические общества существовали в Вестфалии, Кенигсберге и Карлсруэ вплоть до первого десятилетия девятнадцатого века. М. Шеврель, живший далеко в том столетии, рассказывает, что он знал нескольких людей, которые были убеждены в истинности алхимии, среди них “генералы, врачи, магистраты и духовенство”. Странная смесь алхимии, теософии, тауматургии и каббалистики, исповедуемая Кристианом Розенкрейцем, не лишена своих приверженцев даже в этом двадцатом веке.

Если неблагородные металлы не были созданы для получения золота, то истина, по крайней мере, вытекла из практики заблуждения. Это единственная трансмутация, которую удалось осуществить искусству Гермеса. Человеку свойственно ошибаться. Хотя алхимия не лишена особого интереса как одно из самых замечательных отклонений в истории науки, следует признать, что некоторые из ее практиков обманывали только самих себя: если они и были введены в заблуждение, то, по крайней мере, были честны и следовали своему призванию с твердой убежденностью в основательности своей веры. Хотя они так и не достигли своей цели — открытия Философского камня и Эликсира Жизни, — их труды не были полностью напрасными, поскольку в результате их усердия обнаружилось много новых и неожиданных фактов.

“Доверчивость к искусствам и мнениям”, - писал лорд Бэкон в *"Об усилении науки"*,

также бывает двух видов, а именно, когда люди слишком сильно верят в само искусство или в определенных авторов в каком-либо искусстве. Наук, которые воздействуют на воображение больше, чем на разум, в основном три: астрология, природная магия и алхимия.... Алхимию можно сравнить с человеком, который сказал своим сыновьям, что оставил им золото, зарытое где-то в его винограднике; в то время как они, копая, не нашли золота, но, подняв плесень вокруг корней лоз, собрали обильный урожай. Таким образом, поиски и попытки добыть золото привели ко многим полезным изобретениям света.

ГЛАВА V

Ятрохимия

Термин “ятрохимия” обозначает особый этап в истории медицины и химии. Ятрохимики были школой врачей, которые стремились применить химические принципы к объяснению жизненно важных явлений. Согласно им, болезни человека являются результатом ненормальных химических процессов в организме, и противодействовать им можно только с помощью соответствующих химических средств. Хотя эта идея возникла не у него, главным представителем этой школы обычно называют Парацельса.

Человек неистовых страстей, грубый, пьяный, высокомерный и беспринципный, **Филипп Ауреол Теофраст Парацельс Бомбастус фон Гогенгейм** — назовем его полное имя — казалось бы, не обладал ни одним из качеств, необходимых успешному лидеру интеллектуальной революции.

Родившийся в Этцеле в Швейцарии в 1493 году в семье врача Вильгельма Бомбаста фон Гогенгейма, который сочетал практику астрологии с практикой алхимии, Парацельс еще в юности стал странником, переходя из провинции в провинцию и из монастыря в монастырь, живя предсказаниями судьбы и практикуя иногда как шарлатан, а иногда как армейский хирург, и получая, как он нам рассказывает, много любопытной информации от старух, цыганок, фокусников и химиков. Если мы можем доверять его собственному рассказу о себе, то еще до того, как ему исполнилось тридцать три, он объездил всю Европу и даже Африку и Азию,

повсюду совершая чудесные исцеления и постоянно попадая в неприятности. В 1526 году он добился назначения профессором физики в Базельском университете и обозначил свое занятие кафедрой курсом лекций — смесью путаного немецкого и варварской латыни, — в котором он с необычайной энергией и беспримерной грубостью обрушивался на медицинскую систему школы Галена. Каким бы шокированным ни были его собратья по профессии, Парацельс выразил, намеренно или непреднамеренно, чувство нетерпения, с которым миряне относились к системе терапии, основанной только на традиции. В этом бунте против власти он положил начало движению, которое, каким бы ни было его влияние на медицину, в конечном итоге, под руководством более достойных людей, помогло освободить химию от рабства алхимии.

Парацельс сделал немногим больше, чем просто инициировал. Хотя его многочисленные трактаты показывают, что он был знаком почти со всеми химическими препаратами своего времени, многие из которых он использовал в своей практике, он не привнес ничего нового в науку. Человек больших способностей и экстраординарного таланта, он растратил свои силы на распутство. Из-за своего неводержанного поведения он вскоре лишился кафедры в Базеле, а после позорной ссоры с магистратурой бежал из города и, возобновив свою бродячую жизнь, умер при жалких обстоятельствах в Зальцбурге на сорок восьмом году жизни.

Здесь не хватит места для какого-либо изложения философских взглядов Парацельса - его мистицизма, его теософии, его пантеизма, его экстраординарного учения об Архее и Тартаре, его связи астрологии с медициной. Его главная заслуга заключается в том, что он настаивал на том, что истинная функция химии заключается не в искусственном получении золота, а в приготовлении лекарств и веществ, полезных для искусства. Таким образом, он сделал химию незаменимой для медицины, и с тех пор химию начали преподавать в университетах и школах как неотъемлемую часть медицинского образования.

Парацельса обычно считают типичным алхимиком — человеком, знакомым нам по картинам Тенирса, Ван Остаде и Штейна, — грубым, сентиментальным негодяем, который делил свое время между пивной и кухней, где готовил свои экстракты, простые вещества, настойки и другие лекарства, которые он подсовывал легковверному миру, такому же невежественному и суеверному, как он сам. В личной истории Парацельса есть многое, что служит оправданием такого взгляда на него. В том, что он был в основном наглым шарлатаном, невежественным, тщеславным и претенциозным, почти не может быть сомнений. Он обладал поразительной смелостью и безграничным бесстыдством; и во многом благодаря применению этих качеств он добился такого профессионального успеха, каким пользовался.

Судя по количеству опубликованных произведений, связанных с его именем, он был активным и трудолюбивым писателем. Учитывая, что большую часть времени бодрствования он находился в более или менее состоянии алкогольного опьянения, трудно представить, какая у него была возможность для их сочинения. Известно, что только один или два из них подлинные. По словам Оперина, своего издателя, он продиктовал их; и из-за их бессвязности и неясности, мистического жаргона и неправильного употребления терминов они читаются как бред человека, которого пьянство лишило рассудка. Многие трактаты и более крупные работы появились после его смерти — некоторые из них спустя годы; и нет никаких достоверных доказательств того, что он был настоящим автором. Даже если мы рассматриваем их как предположительные, тот факт, что они должны быть опубликованы под его именем,

свидетельствует о влиянии и дурной славе, которых этому экстраординарному человеку удалось достичь за свою короткую и неоднозначную карьеру.

Непосредственные последователи Парацельса — среди которых можно назвать Турнейссера, Дорна, Северина, Дюшенна - отличались только смелостью, с которой они пропагандировали его доктрины, и беспринципным использованием его методов. Все они были ревностными антигаленистами, которые заявляли, что верят в то, что сумму и совершенство человеческих знаний можно найти в Каббале и что секреты магической медицины содержатся в Апокалипсисе. Они приняли пантеизм во всей его грубости: все, что существует, ест, пьет и выделяет экскременты; даже минералы и жидкости усваивают пищу и устраняют то, чего в ней нет. Сильфы населяют воздух, нимфы - воду, пигмеи - землю, а саламандры - огонь. Таким образом, даже аристотелевские элементы были одушевлены. Ртуть, сера и соль были, согласно Парацельсу, первичными принципами, входящими в состав всех вещей, материальных и нематериальных, видимых и невидимых. Следующие так называемые “гармонии” были основными символами веры парацельсианина:—

Душа	Дух	Тело
Меркурий	Сера	Соль
Вода	Воздух	Земля

Законы каббалы использовались для объяснения функций тела. Солнце управляет сердцем, луна - мозгом, Юпитер - печенью, Сатурн - селезенкой, Меркурий - легкими, Марс - желчью, Венера - почками. Золото было специфическим средством против болезней сердца; жидкость Луны (раствор серебра) излечивает болезни мозга. “Лекарства, ” сказал Парацельс, “подчиняются воле звезд и направляются ими. Поэтому вам следует подождать, пока небеса не будут благосклонны, прежде чем заказывать лекарство ”.

Парацельсианские врачи, по большей части, были сборищем опасных фанатиков, которые своим презрением к принципам Гиппократу, Галену и Авиценны и своим безрассудным использованием мощных средств, многие из которых были металлическими ядами, приносили неисчислимые страдания и вред. Последовала неизбежная реакция, и некоторые факультеты, особенно парижский, запретили своим лицензиатам под страхом суровых наказаний использовать химические средства защиты. Однако не следует предполагать, что все ятрохимики были беспринципными шарлатанами. Некоторые из них ясно осознавали значимость и истинную ценность движения, начало которого можно приписать Парацельсу.

Андреас Либавиус, или Либав, по происхождению врач, родившийся в Галле, наиболее известен своей *"Алхимией"*, опубликованной в 1595 году, которая содержит изложение основных химических фактов, известных в его время, и написана ясным и доходчивым языком, резко контрастирующим с таинственностью и безвестностью его предшественников. Он был первооткрывателем хлорида олова, до сих пор известного как дымящийся раствор Либавия, и описал метод получения купоросного масла, в принципе идентичный тому, который сейчас используется в производственных масштабах. Он умер в 1616 году.

Джон Баптист ван Гельмонт, отпрыск знатной брабантской семьи, родился в Брюсселе в 1577 году. Изучив философию и теологию в Лувенском университете, он обратил свое внимание на медицину и, в свою очередь, познакомился со всеми системами от Гиппократу до Парацельса.

Проведя некоторое время в путешествиях, он поселился в своем поместье в Вильворде и занимался лабораторными исследованиями до своей смерти в 1644 году.

Ван Гельмонт был образованным человеком и философом. Будучи теософом и склонным к мистицизму, он обладал многими ментальными чертами Парацельса, без его фанатизма и чрезмерного эгоизма. Он сузил число элементов Аристотеля до одного и, подобно Фалесу, считал воду истинным принципом всех вещей, подкрепляя свою теорию остроумными наблюдениями за ростом растений (см. стр.20). Он впервые использовал термин *газ* и был осведомлен о существовании различных эфирных веществ, предвосхитив Хейлса, которого называют отцом пневмохимии, в открытии многих газовых явлений. Он дал точное описание углекислого газа, который он назвал *газом сильвестра*, и показал, что он образуется из известняка и поташей при брожении вина и пива и что он образуется в организме и в земле. Доктрины ятрохимиков получили дальнейшее распространение благодаря Сильвиусу в Голландии и Уиллису в Англии.

Фрэнсис де ле Бо Сильвиус, родившийся в Ханау в 1614 году, стал профессором медицины в Лейденском университете, где он оказывал большое влияние как преподаватель до своей смерти в 1672 году. Медицину он рассматривал просто как раздел прикладной химии, а жизненные процессы животного организма - как чисто химические. Он освободил физическую теорию от большей части мистического абсурда, привнесенного в нее Парацельсом и ван Гельмонтом, и своей практикой снова ввел в моду химические средства. Он знал о различии между венозной и артериальной кровью и о том, что красный цвет последней обусловлен воздействием воздуха. Горение и дыхание он рассматривал как аналогичные явления.

Томас Уиллис родился в Уилтшире в 1621 году и, будучи студентом в Крайстчерче, служил с оружием в руках в армии роялистов, когда Оксфорд находился в гарнизоне Карла I. В 1660 году он стал профессором натурфилософии в Седлиане и в конечном итоге обосновался в Лондоне в качестве врача. Он умер в 1675 году и был похоронен в Вестминстерском аббатстве.

Уиллис вообразил, что все жизненно важные процессы происходят из-за различных видов брожения, и что болезни вызываются нарушениями в процессе брожения. Хотя он был сторонником Парацельса в том, что касается своей теории строения материи, он последовал примеру Сильвия и его ученика Тахения в изгнании мистицизма из медицины. Он был искусным анатомом и дал первое точное описание мозга и нервов.

Другими известными ятрохимиками были Ангелус Сала, Даниэль Сеннерт, Турке де Майерн (который стал личным врачом Джеймса I.), Освальд Кролл, Адриан ван Минзихт и Томас Либбер. Кролл ввел в медицину сульфат калия и янтарную кислоту, а Ван Минзихт - рвотный камень. Различные сурьмяные препараты ранее использовались врачами-химиками со времен Базиля Валентина, несмотря на запрет парижского парламента на их использование.

Главная заслуга ятрохимии перед наукой заключалась в ее влиянии на включение химии в сферу профессионального изучения, благодаря чему было достигнуто значительное расширение ее сферы применения, в результате чего было открыто значительно большее число веществ. Более того, этот более широкий опыт химических процессов познакомил рабочих с химическими явлениями в целом и тем самым способствовал закладке основ общей теории химического действия, завершить которую стремилась последующая эпоха.

В период ятрохимии, который, можно сказать, длился с первой четверти шестнадцатого века до второй половины семнадцатого, химия продвинулась в практическом направлении благодаря трудам многих людей, главными из которых были металлург Агрикола, гончар Палисси и технолог Глаубер. Эти люди были в первую очередь химиками-экспериментаторами, которые практически не принимали участия в бесплодной полемике того периода, но следовали своему призванию в истинном духе исследователей и тем самым обогатили науку многими новыми и хорошо проверенными фактами.

Джордж Агрикола, родившийся в Глаухау в Саксонии в 1494 году, был современником Парацельса. После изучения медицины в Лейпциге он посвятил себя металлургии и минералогии, сначала в Иоахимстале, и опубликовал ряд работ, которые долгое время заслуженно считались ведущими трактатами по этим предметам.

В его *Либри XII. de re Metallica* он рассказывает о том, что было известно в его время в отношении добычи, подготовки и тестирования руд. Он описывает выплавку меди и извлечение серебра, которое может быть с ней связано. Он также описывает методы получения ртути и ее очистки путем обработки солью и уксусом. Он дает полное описание метода получения золота путем амальгамирования и извлечения ртути путем дистилляции. Он рассказывает о выплавке свинца, олова, железа, висмута и сурьмы, а также описывает производство соли, селитры, квасцов и зеленого купороса.

Вся работа, размером с фолиант, иллюстрирована вырезками из дерева, которые дают точное представление о характере нескольких операций, а также о характере печей, тропов, мехов и инструментов, используемых в них. Это, безусловно, самая важная техническая работа шестнадцатого века, и она оказала большое влияние на искусство металлургии. Описания — по крайней мере, в том, что касается европейских процессов — очевидно, являются результатом личных наблюдений. Агрикола посетил рудники и добросовестно отметил различные методы сортировки и промывки руды, характерные черты которых он точно описывает. Его отчеты о различных операциях плавки настолько подробны, что очевидно, что они, должно быть, были составлены после личного расследования. Изучение металлургии, действительно, было главной целью его жизни, и он посвятил этому занятию даже пенсию, назначенную ему Маврикием, курфюрстом Саксонии. Он стал мэром Хемница, умер там в 1555 году и был похоронен в Цайце.

Бернар Палисси жил на протяжении большей части шестнадцатого века. Хотя он не был ни профессиональным химиком, ни последователем какой-либо определенной школы, он был страстным экспериментатором-самоучкой и проницательным наблюдателем, который своими открытиями значительно обогатил керамическое искусство.

Иоганн Рудольф Глаубер родился в Карлштадте, в Баварии, в 1604 году и после беспокойной жизни умер в Амстердаме на шестьдесят четвертом году жизни. Он опубликовал энциклопедию химических процессов, в которой описывает получение большого разнообразия веществ, имеющих техническое значение. Большое число фармакопей XVII века обязаны ему своими описаниями способа производства их официальных препаратов. Он открыл сульфат натрия — свой *sal mirabile*, который до сих пор часто называют в его честь, — и внедрил его в медицину.

В этот период обычные минеральные кислоты — серная, соляная и азотная — стали обычными предметами торговли и использовались в производстве ряда полезных продуктов, главным

образом неорганических солей. Значительное количество оксидов металлов также находило широкое применение и применялось для различных целей в искусстве. Знания об определенных органических веществах были гораздо более ограниченными. Уксусная кислота была известна давно, но впервые была получена в концентрированном виде в этот период путем перегонки зелени. Был также известен ряд других ацетатов, а также определенные тартраты — как, например, соль щавеля, соль рошели или сенъетты и рвотное средство из винного камня. Янтарная и бензойная кислоты были введены в медицину, а Тахениус открыл одну из характерных кислот жиров и масел (стеариновую кислоту). Винный спирт, конечно, в значительной степени производился и использовался при приготовлении настоек и эссенций. Эфир, первоначально известный как *oleum vitrioli dulce verum*, был впервые открыт Валериусом Кордусом; а его смесь со спиртом, давно известная как капли Гофмана, по-видимому, использовалась в качестве лекарства Парацельсом.

ГЛАВА VI

“Химик-скептик”: на заре научной химии.

Вторая половина семнадцатого века была замечательным периодом в истории интеллектуального развития Европы. В то время почти каждая область человеческого знания, казалось, была пронизана страстным духом скептицизма, исследования и реформ. Основание Лондонского королевского общества по совершенствованию естественных знаний, Флорентийской академии Чименто, Королевской академии в Париже, Берлинской академии — все с интервалом в несколько лет друг от друга — было знаменательным событием того времени. Химия больше не должна была быть священной тайной, известной только священникам, и они ревностно охраняли ее секреты. Наука была раздосадована господством схоластов; теперь она презирала диалектику спагиристов. Экспериментальная философия стала даже модной, и чисто дедуктивные методы перипатетиков постепенно уступили место единственному надежному методу продвижения естественных знаний. Можно сказать, что превосходство старой философии впервые было открыто оспорено Робертом Бойлем. Появление в 1661 году его книги “Химик-скептик” знаменует поворотный момент в истории химии. “Химико-физические сомнения и парадоксы”, поднятые Бойлем, “касающиеся экспериментов, с помощью которых вульгарные спагеттисты обычно пытаются доказать, что их Соль, сера и Ртуть являются истинными Принципами Вещей”, в конечном итоге решили судьбу доктрины *tria prima* и догматов школы Парацельса.

В этом трактате Бойль намеревается доказать, что количество перипатетических элементов или принципов, которые до сих пор предполагались химиками, по меньшей мере сомнительно. Слова “элемент” и “принцип” используются им как эквивалентные термины и обозначают те примитивные и простые тела, из которых, можно сказать, состоят соединения и в которые эти соединения в конечном счете могут быть разложены. Он считал, что материя всех тел изначально была разделена на мелкие частицы различных форм и размеров, и что эти частицы могут объединяться в небольшие “пакеты”, которые нелегко снова разделить; что из нескольких ингредиентов может возникнуть большое разнообразие соединений; что различные вещества

можно получить из тел с помощью огня; что огонь не является истинным анализатором тел, поскольку он не разделяет принципы тела, но по-разному изменяет его природу; и что некоторые вещи, полученные из тела с помощью огня, не были его собственными или существенными ингредиентами. Три - это не точное и универсальное число различных субстанций или элементов, на которые огнем распадаются все составные тела, поскольку некоторые тела содержат более трех принципов. Земля и вода - такие же химические элементы, как соль, сера и ртуть. Даже ограничение пятью химическими элементами слишком узкое. Это подтверждается способом, которым произрастают тела, животные и растительные, а также анализом минералов и металлов. Химическая теория "качеств" спагеттистов узка, неполноценна и неопределенна; предполагает недоказанные вещи; часто излишня и часто противоречит явлениям природы. "Принципы", обнаруживаемые в телах, не могут быть причиной их качеств, поскольку одному и тому же телу приписываются противоположные качества. Следовательно, он приходит к выводу, что парацельсовы элементы — их "соль", "сера" и "ртуть" — не являются первыми и наиболее простыми началами тел; но что они состоят, самое большее, из скоплений корпускул или частиц, более простых, чем они, и обладающих радикальными и универсальными свойствами объема, формы и движения.



Роберт Бойль.

С картины Ф. Керсбума, находящейся во владении Королевского общества.

Роберт Бойл, четырнадцатый ребенок и седьмой и младший сын Ричарда “Великого” графа Корка и лорда-верховного канцлера Ирландии, родился в Лисморе в 1626 году. Он получил образование в Итоне под руководством сэра Генри Уоттона и, проведя несколько лет на Континенте, поселился в Сталбридже в Дорсете, где у него было поместье. Он стал членом так называемого Невидимого колледжа, небольшой ассоциации людей, интересующихся новой философией, которые встречались в домах друг у друга в Лондоне, а иногда и в Грэшем-колледже, “чтобы обсудить философские вопросы и все, что с ними связано”. Впоследствии эти

встречи проводились в Оксфорде, и Бойл поселился там в 1654 году. Здесь — совместно с Уилкинсом; Джоном Уоллисом и Сетом Уордом, двумя савилианскими профессорами геометрии и астрономии; Томасом Уиллисом, врачом, в то время студентом Крайстчерч; Кристофером Реном, в то время членом Колледжа всех душ; Годдардом, старостой Мертон; и Ральфом Батерстом, членом Тринити, а впоследствии его президентом — они стремились развивать новую философию, “будучи убеждены, что не существует определенного способа прийти к какому-либо компетентному знанию, если не проводить разнообразные эксперименты над естественными телами. Чтобы выяснить, какие явления они могли бы вызвать, они сами с большим усердием применяли этот метод, а затем делились своими открытиями друг с другом”. Невидимый колледж со временем перерос в Королевское общество, которое получило свой устав в 1663 году. Бойль переехал в Лондон в 1668 году и умер там 31 декабря 1691 года, на шестьдесят пятом году жизни.

Честный человек, скромный, простой и непритязательный, Бойл был прилежным и по-настоящему изучал науку, и практически вся его жизнь была отдана ее изучению. Его общественное положение, его пример, чистота его личной жизни и слава его открытий сделали его личное влияние очень значительным, что принесло огромную пользу науке в этой стране. Его экспериментальная работа была высокого уровня. Он ввел воздушный насос в Англии, и его “пневматический двигатель” позволил ему открыть многие фундаментальные свойства газа, в частности отношение его объема к давлению. Он также обнаружил зависимость температуры кипения жидкости от атмосферного давления, объяснил действие сифона, влияние воздуха на вибрацию маятника и на распространение звука, а также провел эксперименты по природе пламени и связи воздуха с горением и дыханием. В своей *Истории текучести* он стремится показать, что тело кажется текучим, поскольку состоит из частиц, соприкасающихся друг с другом только некоторыми частями своих поверхностей; отсюда, из-за многочисленных промежутков между ними, они легко скользят друг по другу, пока не встретятся с каким-нибудь сопротивляющимся телом, к внутренней поверхности которого они изящно приспосабливаются. Он считает, что необходимыми условиями текучести являются главным образом следующие: малость составляющих частиц, их определенная форма, свободные пространства между ними и тот факт, что они перемешиваются по-разному и порознь за счет своего собственного врожденного движения или за счет какого-то более тонкого вещества, которое разбрасывает их при прохождении через них. Его опубликованные работы содержат множество хорошо подтвержденных химических фактов, которые обычно считаются открытием более позднего времени. Он получил ацетон путем перегонки ацетатов свинца и извести; и он выделил метиловый спирт из продуктов деструктивной перегонки древесины. Он был одним из первых, кто настаивал на необходимости изучения форм кристаллов. Он видел в их формировании доказательство того, что внутренние движения, конфигурация и положение составных частей - это все, что необходимо для объяснения изменений и различий во внешнем характере. Некоторые из стандартных иллюстраций в наших аудиториях были его изобретением. Таким образом, он проиллюстрировал расширяющую способность замораживания воды, взорвав закупоренный ствол ружья, наполненный водой, путем затвердевания воды с помощью смеси снега и соли - замораживающей смеси, которую он впервые ввел.

Бойль был первым, кто сформулировал нашу нынешнюю концепцию элемента в отличие от концепции греков и схоластов, оказавших влияние на теории ятрохимиков. В том смысле, который он понимал, аристотелевские элементы не были истинными элементами, как и соль,

сера и ртуть школы Парацельса. Он также был первым, кто определил отношение элемента к соединению и провел различие, которое мы все еще проводим между соединениями и смесями. Он возродил атомную гипотезу и объяснил химическую комбинацию на основе сродства. Он утверждал, что одной из главных задач химика было установление природы соединений; и тем самым он стимулировал применение анализа в химии. Бойль открыл ряд качественных реакций и применил их для обнаружения веществ, как свободных, так и в сочетании.

Но величайший вклад Бойля в науку заключался в новом духе, который он привнес в химию. Отныне химия больше не была простым подспорьем медицины. Она стала независимой наукой, принципы которой должны были быть установлены экспериментальным путем; наукой, которую следовало изучать с целью открытия законов, регулирующих явления, с которыми она имеет дело, — и, следовательно, выяснения истины ради истины. Старая философия греков, как мы видели, слилась с доктриной ятрохимиков; и теперь ее предстояло очистить от теософского мистицизма, которым ее окутали Парацельс и его последователи. “Диалектические тонкости схоластов гораздо больше, - говорит Бойль, - заявляют об остроумии того, кто ими пользуется, чем расширяют знания или устраняют сомнения трезвых любителей истины.... Ибо в таких спекулятивных исследованиях, где главной целью является чистое знание истины, чему он учит меня, достойное благодарности, это не делает, если он может, его идею понятной для меня, но мистическими терминами и двусмысленными фразами затемняет то, что он должен прояснить, и заставляет меня добавлять проблеме угадывания смысла того, что он двусмысленно выражает, к проблеме познания истины того, что он, кажется, передает”. Влияние нового духа, таким образом привнесенного Бойлем в науку, прослеживается в общем стиле химической литературы конца семнадцатого века, если сравнивать его с стилем конца шестнадцатого. Мистицизм и безвестность алхимиков больше не допускались.

Бойль был стройным и высоким, с бледным и изможденным лицом. Его конституция была хрупкой, а тело слабым, и только строгое соблюдение диеты и регулярность физических упражнений позволили ему добиться того, что он сделал. Хотя время от времени он страдал чрезмерной подавленностью духа, в его натуре не было ничего угрюмого или аскетичного. Он никогда не был женат, хотя, по словам его друга Джона Эвелина, “немногие мужчины были более шутливыми и приятными в беседе с дамами, когда ему случалось быть среди них помолвленным”.

Добрый, обходительный, милосердный, бесстрастный и умеренный в своем образе жизни, Бойль пользовался уважением всех своих современников. О нем говорили, что за всю свою жизнь он ни разу не оскорбил ни одного человека каким-либо своим поведением. Он позволял себе много приличной жизнерадостности, и в нем была вся нежность доброго характера, а также вся мягкость дружбы. Это давало ему большую долю забот других людей, поскольку он обладал острым чувством страданий человечества. Хотя он был философом в самом широком смысле этого слова, его особым и любимым занятием была химия, “в которой, - говорит епископ Бернет, - он не участвовал ни в одном из тех ненасытных и амбициозных проектов, которые привлекали к ним многих. Его замысел состоял всего лишь в том, чтобы познать природу, увидеть, на основе каких принципов все может быть решено и из чего они состоят”.

Джон Кункель, родившийся в 1630 году, был сыном алхимика, состоявшего при дворе герцога Гольштейнского. Прослужив своему отцу несколько лет, он получил работу химика и

фармацевта при герцогах Карле и Генрихе Лауэнбургских. Впоследствии он поступил в лабораторию в Дрездене Иоанна Георга II, курфюрста Саксонии, и, после преподавания химии в Университете Виттенбурга, известном тогда как медицинская школа, он принял приглашение возглавить стекольный завод и лабораторию курфюрста Бранденбурга в Берлине. Лаборатория сгорела дотла, а затем король Швеции Карл XI призвал его в Стокгольм и возвел в дворянство как барона фон Левенштерна. Он умер в Стокгольме в 1702 году. Главная работа Кункеля - его *Лаборатория химии*, опубликованная после его смерти. Она была написана на немецком языке. В нем Кункель рассказывает, как он приобрел знания о производстве фосфора Болдуина и о фосфоре, открытом Брандом, — возможно, самом важном, поскольку это, безусловно, было одним из самых поразительных химических открытий семнадцатого века. Кункель много сделал для освобождения химической литературы от мистицизма и мрака алхимии. Он с презрением относился к теориям адептов и к *ixtria prima*.

Я, старый человек, который занимается химией уже шестьдесят лет, до сих пор так и не смог обнаружить их фиксированную серу или то, как она входит в состав металлов.... Более того, они не договорились между собой относительно вида серы. Сера одного не является серой другого. На это можно ответить, что каждый волен крестить своего ребенка так, как ему нравится. Я согласен: вы даже можете, если вам так хочется, назвать осла коровой; но вы никогда никого не заставите поверить, что ваша корова - осел.

Что касается алкахеста, то он говорит:—

Было много дискуссий по поводу этого великолепного природного растворителя. Некоторые выводят это от латинского—*alkali est*; другие от двух немецких слов - *all geist* (весь газ); наконец, третьи говорят, что это от *alles est* (вот и все). Что касается меня, то я не верю в универсальный растворитель Ван Гельмонта. Я называю это его настоящим именем — *alles Lügen heist* или *alles Lügen ist* (все это ложь).

Кункель открыл секрет изготовления авантюринового и рубинового стекла с помощью пурпура Кассия — изделия из золота, впервые полученного доктором медицины с таким именем в Гамбурге. Он сделал наблюдения над брожением и гниением — признал, что квасцы представляют собой двойную соль (*salduplicatum*); описал современный метод восстановления чистого серебра и разделения золота и серебра с помощью серной кислоты. Он также описал способ приготовления ряда эфирных масел, обнаружил присутствие стеароптена в маслах и открыл азотистый эфир.

Джон Иоахим Бехер, сын лютеранского священника, родился в Шпейере в 1635 году. Из-за смерти своего отца и разорения семейного имущества во время Тридцатилетней войны Бехер в юности тяжело боролся с бедностью и вел беспокойную, скитальческую жизнь. В 1666 году он был профессором медицины в университете Майнца. Впоследствии он отправился в Мюнхен в качестве главы лучшей лаборатории в Европе, но, поссорившись с канцлером баварского двора, уехал в Вену. Пробыв там недолго, он уехал из Австрии в Голландию и обосновался в Харлеме. Здесь он предложил Генеральным Штатам добывать золото из песчаных дюн; но, поскольку проект провалился, он уехал в Англию и посетил рудники Корнуолла. По приглашению герцога Мекленбург-Гюстровского он вернулся в Германию. Вскоре после этого (в 1682 году) он умер на сорок седьмом году жизни. Имя Бехера помнят главным образом в связи с его теорией горения, которая, как мы увидим, впоследствии была развита Шталем в теорию флогистона — обобщение, доминировавшее в химии почти до конца восемнадцатого века.

Джон Мэйоу, родившийся в Корнуолле в 1645 году, был практикующим врачом, чье имя известно главным образом благодаря его четкому распознаванию вещества или принципа, содержащегося в воздухе, который участвует в горении, прокаливании металлов, дыхании и превращении венозной крови в артериальную. Это вещество, которое, как он обнаружил, содержалось в селитре, он назвал *spiritus igno-aëreus* или *нитроаэрастом*. Мэйоу умер в возрасте тридцати четырех лет. Если бы он смог продолжить свои наблюдения, то, возможно, оказал бы очень существенное влияние на развитие теоретической химии. Как бы то ни было, современники практически не обратили на него внимания, и истинное значение его работы было оценено лишь много времени спустя.

Николя Лемери, также родившийся в 1645 году, написал *Курс химии*, один из лучших учебников того времени, выдержавший целых тринадцать изданий и переведенный на английский, немецкий, латинский, итальянский и испанский языки.

В этой книге он стремился, по его словам, выразить себя ясно и избежать неясностей, которые можно было найти у авторов, предшествовавших ему.

Прекрасное воображение других философов относительно их физических принципов может возвышать дух благодаря их великим идеям, но они ничего не доказывают наглядно. И поскольку химия — это наука наблюдения, она может быть основана только на том, что осязаемо и наглядно.

Николя Лемери, которого не следует путать с его сыном Луи, также химиком, внес значительный вклад в фармацевтическую химию; и его *Всемирная фармакопея*, *Универсальный словарь лекарств простого приготовления* и *Трактат об Антимоне* были стандартными работами в свое время.

Лемери одно время был протестантом, а после отмены Нантского эдикта бежал в Англию; но, приняв католицизм, он вернулся в Париж, восстановил свою аптеку и в 1699 году был избран в Академию. Он умер в 1715 году.

Уильям Хомберг, родившийся в Батавии в 1652 году, первоначально предназначался для профессии юриста, но, увлекшись наукой, изучал ботанику и медицину в Падуе, химию в Болонье и Лондоне, механику и оптику в Риме и анатомию в Лейдене. Во время своих путешествий он посетил шахты Германии, Венгрии, Богемии и Швеции. В 1682 году Кольбер пригласил его в Париж, а в 1691 году сделал членом Академии и назначил герцогом Орлеанским заведующим своей лабораторией — в то время одной из лучших в Европе. Гомберг женился на дочери врача Додарта. Она стала экспертом в *подготовке* и оказала ему большую помощь в его экспериментальных исследованиях. Он первым сообщил о существовании фосфора во Франции, открытого Брандом из Гамбурга, и описал фосфоресцирующую соль, связанную с его именем. Он сделал важные наблюдения о насыщении щелочей кислотами и знал, что они сочетаются в разных пропорциях. Он был трудолюбивым работником и, за исключением Кассини, был самым активным членом Академии. Он умер 24 сентября 1715 года.

После Бойля, возможно, самым активным участником освобождения химии от ига алхимии был Бурхаав, который своим преподаванием в качестве профессора физики поднял Лейденский университет на вершину его славы.

Герман Берхаве, сын священника, родился недалеко от Лейдена в 1668 году. Он по очереди занимался теологией, классикой, математикой, химией и ботаникой, затем обратился к физике и, пройдя курс обучения в университете Хардервика в Гелдерланде, начал практиковать. В 1702 году он был назначен читать лекции, а затем и на кафедру медицины в Лейденском университете, ректором которого он стал в 1714 году. Его репутация как учителя распространилась по всей Европе и неуклонно росла до самой его смерти.



HERMANNUS BOERHAAVE
Medicinæ, Botanices, Chemiæ
& Collegii practici, in ACAD. ЛУГД. БАТ.
PROFESSOR ORDINARIUS.

По картине Т. Ванделаара

Бурхаав был одним из самых образованных людей своего времени и необычайно образованным не только в науке, но и в истории, поэзии и светской литературе. Он говорил по-английски, по-французски и по-немецки, а также с легкостью читал по-итальянски и по-испански. “Латынь, на которой он импровизировал на лекциях или в беседе, была настолько ясной, что своими действиями, методом и меткостью сравнений он мог довести самые трудные моменты до самых низменных способностей”.² Он любил музыку и хорошо играл на нескольких инструментах, особенно на лютне. Он был рад приветствовать музыкантов в своем доме. Профессия врача принесла ему богатство, большую часть которого он потратил на садоводство; и сад его загородного поместья, площадью почти в восемь акров, был богат всеми экзотическими деревьями, которые он смог раздобыть и заставить цвести в климате Голландии.

² Бертон, *Жизнь Бурхааве*, стр. 58 и далее.

Бурхааве обладал крепким телосложением и здоровой конституцией, рано приученный к постоянным физическим нагрузкам и неблагоприятным погодным условиям. Он был довольно высокого роста, а его одеяние - тучным. У него была большая голова, короткая шея, румяный цвет лица, светло-каштановые вьющиеся волосы (поскольку он не носил парика), открытое лицо, и он напоминал Сократа приплюснутым носом и природной учтивостью. Он умер в Лейдене 23 сентября 1738 года на семидесятом году жизни.

Как химик Бурхааве известен главным образом благодаря своей “*Элементной химии*”, опубликованной в 1732 году — самому полному и яркому химическому трактату своего времени, переводы которого появились на основных европейских языках. Работа разделена на три основные части. Первый посвящен происхождению и прогрессу этого искусства, а также личной истории его наиболее выдающихся носителей. Вторая и самая большая часть посвящена попытке сформировать химическую систему, основанную на таких наблюдениях, которые казались хорошо устоявшимися. Третий состоит из набора химических процессов, относящихся к анализу или разложению тел, сгруппированных под рубриками “овощи”, “животные” и “окаменелости” — фактически, это начало разделения науки на органическую и неорганическую химию.

Что касается его веры в алхимию, Бурхаав был агностиком: он не утверждал и не отрицал возможность трансмутации. В этом отношении он напоминал Ньютона и Бойля. Бойль, действительно, был необычайно осторожен и сдержан в своих ссылках на вопросы алхимии. Как сказал о нем Шоу, он был слишком мудр, чтобы устанавливать какие-либо границы природе: он не был склонен говорить, что каждая странная вещь обязательно должна быть невозможной, поскольку он видел странные вещи каждый день и прекрасно понимал, что в мире существуют могущественные силы, о законах и способах действия которых он ничего не знал. С присущей ему осторожностью он обычно говорил, что “те, кто их видел, могут лучше поверить им, чем те, кто их не видел”; и он был достаточно скромнен, чтобы предположить, что Парацельсу или Гельмонту могли быть известны агенты, о которых он ничего не знал.

Бурхаве, несомненно, потратил много времени на изучение алхимических трудов, особенно трудов Парацельса и Гельмонта, которые он неоднократно перечитывал. *Философские труды* Королевского общества содержат результаты проведенного им кропотливого, но бесплодного исследования ртути, которое он предпринял в надежде обнаружить исходное вещество, которое, согласно старой теории образования металлов, должно было содержаться в ртути. Но хотя, как он рассказывает, он подвергал ее “захвату, растиранию, вывариванию и дистилляции, либо отдельно, либо в смеси со свинцом, оловом или золотом, повторяя эту операцию до 511 или даже до 877 дистилляций”, ртуть казалась лишь “более яркой и жидкой, без каких-либо других изменений в своей форме или свойствах, и ее удельный вес увеличился очень незначительно, если вообще увеличился”.

Стивен Хейлз (1677-1761), гениальный богослов — он постоянно служил викарием в Теддингтоне и прожил там практически большую часть своей жизни, — прославился как физиолог и изобретатель, занимался химическими исследованиями и сделал ряд наблюдений за образованием газообразных веществ. Его результаты были переданы Королевскому обществу и впоследствии переизданы в собранном виде под названием *Статические очерки*. В этих экспериментах он использовал методы, очень похожие по принципу на те, которые впоследствии применил Пристли. Из его описания своих экспериментов очевидно, что он, должно быть, приготовил значительное количество газообразных веществ — водород, углекислоту, окись углерода, диоксид серы, болотный газ и т.д. — Но он, по-видимому, не предпринимал систематических попыток изучить их свойства, поскольку считал, что это просто воздух, модифицированный или “подкрашенный” присутствием веществ, которые он считал более или менее случайными. До времен Блэка все формы газообразного вещества считались по существу идентичными — фактически, это был воздух в понимании Древних — простая элементарная субстанция. Именно исследование Блэком углекислоты впервые четко установило, что существуют существенно различные разновидности газообразного вещества.

ГЛАВА VII

Флогистонизм

Еще до появления *химика-скептика* росло убеждение, что старые гипотезы относительно сущностной природы материи неадекватны и вводят в заблуждение. Мы видели, как четыре “элемента” перипатетиков слились в *tria prima*— “соль”, “серу” и “ртуть” — у парацельсиан. По мере того как феномены химического действия становились все более известными, последние ятрохимики - или, скорее, та их часть, которая признавала, что химия преследует более широкие цели, чем просто служить медицине, — чувствовали, что концепция *tria prima*, как ее понимали Парацельс и его последователи, не может быть обобщена в химическую теорию. Бехер, цепляясь за концепцию трех первичных субстанций, составляющих все формы материи, изменил качества, которые до сих пор ассоциировались с ними. Согласно новой теории, вся материя состояла из ртутного, стекловидного и горючего вещества или принципа в различных пропорциях, в зависимости от природы конкретной формы материи. Когда тело сжигалось или металл прокаливался, горючее вещество — *terra pinguis* Бехера — улетучивалось.

Эта попытка связать явления горения и прокаливания с общими явлениями химии получила дальнейшее развитие у Штала и в конечном итоге была расширена до всеобъемлющей химической теории, которая была вполне удовлетворительной до тех пор, пока не было предпринято никаких попыток проверить ее достаточность путем обращения к балансу.

Джордж Эрнест Шталь, который развил идею Бехера в теорию *флогистона* (φλογιστός — обожженный) и тем самым создал обобщение, которое впервые сделало химию наукой, родился в Анспахе в 1660 году, стал профессором медицины и химии в Галле в 1693 году, врачом короля Пруссии в 1716 году и умер в Берлине в 1734 году.

Шталь практически ничего не внес в практическую химию, и ни один новый факт или открытие не связано с его именем. Его заслуга перед наукой состоит в временном успехе, которого он достиг в группировании химических явлений и в последовательном объяснении их с помощью всеобъемлющей гипотезы.

Теория флогистона первоначально рассматривалась как теория горения. Согласно этой теории, такие тела, как уголь, древесный уголь, древесина, масло, жир и т.д., горят, потому что они содержат горючее начало, которое считалось материальной субстанцией и однородным по своему характеру. Это вещество было известно как флогистон. Следовательно, все горючие тела следовало рассматривать как соединения, одной из составляющих которых был флогистон: их различная природа зависела частично от доли содержащегося в них флогистона, а частично от природы и количества других составляющих. Тело при горении расставалось со своим флогистоном; и все явления горения — пламя, тепло и свет — были вызваны сильным выбросом этого вещества. Некоторые металлы — как, например, цинк — могут гореть и, таким образом, образовывать землистые вещества, иногда белого цвета, в других случаях различной окраски. Эти землистые вещества были названы *кальцинами* из-за их общего сходства с известью. Другие металлы, такие как свинец и ртуть, казалось, не горели; но при нагревании они постепенно теряли свой металлический вид и превращались в кальций. Эта операция была известна как прокаливание. В процессе горения или прокаливания выделялся флогистон. Следовательно, металлы были по существу сложными: они состояли из флогистона и окалины, природа которой определяла характер металла. Добавляя флогистон к окалине, металл регенерировался. Таким образом, при нагревании окалины цинка или свинца с углем, или древесного угля, или древесины снова образовывался металлический цинк или свинец. Когда свеча горит, ее флогистон переносится в воздух; если горит при ограниченном количестве воздуха, горение прекращается, потому что воздух насыщается флогистоном.

Дыхание - это разновидность горения, при котором поддерживается температура тела. Оно заключается просто в переносе флогистона тела в воздух. Если мы пытаемся дышать в замкнутом пространстве, воздух в конце концов насыщается флогистоном, и дыхание прекращается. Подобным же образом различные проявления химического действия были приписаны этому перемещению флогистона взад и вперед. Цвет вещества связан с количеством содержащегося в нем флогистона. Таким образом, при нагревании свинца получается желтое вещество (litharge); при еще большем нагревании получается красное вещество (red lead). Предполагалось, что эти различия в цвете зависят от различного количества выделяемого флогистона.

Доктрина флогистона была принята почти всеми немецкими современниками Штала, особенно Маргграфом, Нейманом, Эллером и Поттом. Она распространилась в Швеции и была принята

Бергманом и Шееле; во Франции, где ее преподавали Дюамель, Руэль и Маккер; и в Великобритании, где ее самыми влиятельными сторонниками были Пристли и Кавендиш. Это оставалось ортодоксальной верой до последней четверти восемнадцатого века, когда после открытия кислорода Лавуазье опроверг ее.

Во времена господства флогистона химия добилась многих заметных успехов — не с его помощью, а скорее вопреки ему. На самом деле, до времен Лавуазье мало кто проводил исследования, если вообще проводил их, с явным намерением проверить это или установить его достаточность. Когда наблюдались новые явления, без сомнения, предпринимались попытки объяснить их с его помощью, часто без удовлетворительного результата.

Действительно, даже во времена Штала были известны факты, которые было трудно или невозможно согласовать с его доктриной; но они либо игнорировались, либо объяснялся их истинный смысл. Следовательно, хотя эти достижения никоим образом не были связаны с флогистоном, сейчас будет удобно рассмотреть более важные из них, поскольку они были сделаны во флогистический период.

За исключением Маргграфа, немецкие современники Штала внесли мало фактов, имеющих первостепенное значение для химии. **Потта**, родившегося в Хальберштадте в 1692 году и ставшего профессором химии в Берлине в 1737 году, помнят главным образом по его работе о фарфоре, химическую природу и способ происхождения которого он впервые раскрыл.

Маргграф, родившийся в Берлине в 1709 году, был одним из лучших аналитиков своего времени. Он первым четко различил известь и глинозем и одним из первых указал на то, что растительная щелочь (поташ) отличается от минеральной щелочи (сода). Он также показал, что гипс, тяжелый шпат и сульфат калия аналогичны по составу. Он четко указал на соотношение фосфорной кислоты и фосфора, описал ряд методов получения этой кислоты и объяснил происхождение фосфорной кислоты в моче.

Из шведских химиков того периода наиболее известным был Шееле.

Карл Вильгельм Шееле родился в 1742 году в Штральзунде. В четырнадцать лет он поступил учеником к аптекарю в Гетеборге и начал изучать экспериментальную химию, которой он продолжал заниматься в качестве аптекаря в Мальме, Стокгольме, Упсале и, наконец, в Кепинге на озере Малар, где он умер в 1786 году на сорок третьем году жизни. За сравнительно короткий период своей научной деятельности Шееле стал величайшим химическим первооткрывателем своего времени.



Carl Wilhelm Scheele.

Со статуи работы Берьесона в Стокгольме.

Он первым выделил хлор и определил индивидуальность марганца и баритов. Он был независимым первооткрывателем кислорода, аммиака и хлористого водорода. Он открыл также плавиковую, нитросульфоновую, молибденовую, вольфрамовую и мышьяковистую кислоты среди неорганических; и молочную, галловую, пирогалловую, щавелевую, лимонную, винную, яблочную, муциновую и мочевую кислоты среди органических кислот. Он выделил глицерин и молочный сахар; определил природу микрокосмической соли, буры и берлинской лазури и приготовил синильную кислоту. Он продемонстрировал, что графит является формой углерода. Он открыл химическую природу сероводорода, мышьяковистого водорода и зеленого мышьякового пигмента, известного под его именем. Он изобрел новые способы получения эфира, порошка альгарота, фосфора, каломели и *магнезии белой*. Он впервые получил сульфат двухвалентного аммония, показал, как аналитически можно разделить железо от марганца; и описал метод разрушения минеральных силикатов сплавлением со щелочными карбонатами. Вклад Шееле в химическую теорию был незначительным, но как первооткрыватель он выдающийся.

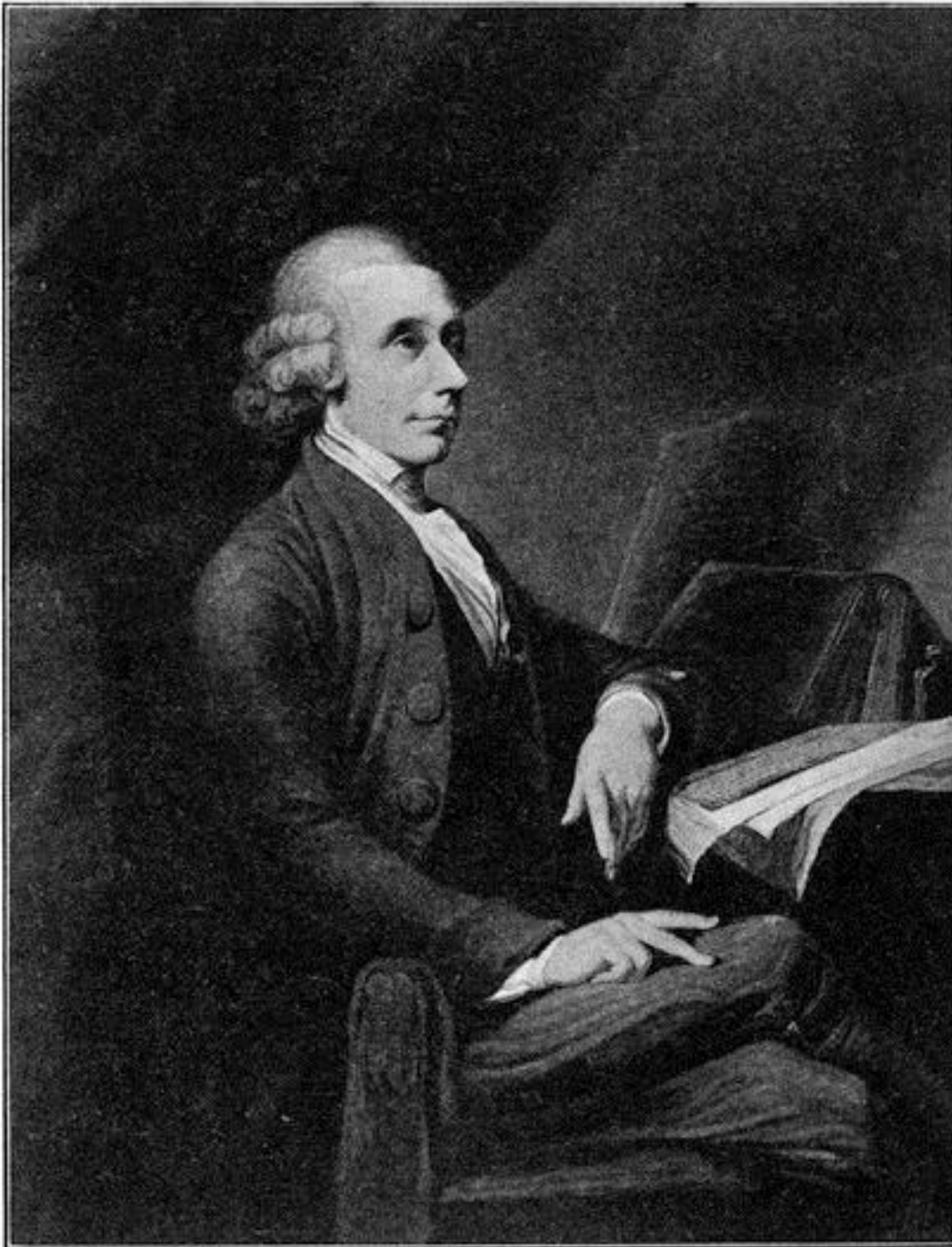
Из французских флогистов у нас есть место упомянуть только Дюамеля и Маккера.

Анри Луи Дюамель дю Монсо родился в Париже в 1700 году. Он был одним из первых, кто проводил эксперименты по окостенению, и одним из первых, кто обнаружил разницу между поташем и содой.

Питер Джозеф Маккер родился в 1718 году в Париже. Он исследовал природу берлинской лазури (открытой Дизбахом из Берлина в 1710 году), работал с платиной, написал один из лучших учебников своего времени, опубликовал химический словарь и был авторитетом в области химии крашения.

В дополнение к уже упомянутым, наиболее известными именами химиков Великобритании XVIII века являются Блэк, Пристли и Кавендиш.

Джозеф Блэк родился в 1728 году в Бордо, где его отец занимался торговлей вином. Студент Университета Глазго, он стал его профессором химии в 1756 году. В 1766 году он был переведен на химическую кафедру Эдинбургского университета и умер в 1799 году. Блэк опубликовал всего три статьи, самая важная из которых озаглавлена *"Эксперименты с магнезией Белой, негашеной известью и другими щелочными веществами"*. Он доказал, что магнезия - это своеобразная земля, отличающаяся по свойствам от извести. Известь - это чистая земля, в то время как известняк - это карбонат извести. Он показал, что магнезия также соединяется с углекислотой, и объяснил, что разница между слабой и едкой щелочами заключается в том, что первые содержат углекислоту, тогда как вторые - нет. Он также объяснил, как известь способна превращать слабые щелочи в едкие щелочи. Какими бы простыми и хорошо известными ни были эти факты сегодня, их открытие в 1755 году вызвало большой интерес и ознаменовало эпоху в истории химии. Имя Блэка связано с открытием скрытой и удельной теплоты, и он впервые определил количество тепла, необходимое для превращения льда в воду.



Джозеф Пристли.

С меццотинто по Фузели, находящегося во владении Королевского общества.

Джозеф Пристли, сын портного, родился в 1733 году в Филдхеде, недалеко от Лидса. В семилетнем возрасте, после смерти матери, он перешел на попечение своей тети и получил образование для нонконформистского служения, в конце концов став унитарием. Впервые его привлекло к науке изучение электричества, историю которого он составил. В Лидсе, где он возглавлял общину Милл-Хилл, он обратил свое внимание на химию, главным образом из-за того, что жил недалеко от пивоварни и имел возможность добывать большие количества

углекислоты, свойства которой он тщательно изучал. Он на время оставил министерство, чтобы стать библиотекарем и литературным компаньоном лорда Шелберна, с которым проработал семь лет. В течение этого времени он усердно занимался химическими исследованиями и открыл большое количество эфиробразных тел, а именно оксид азота, хлористый водород, диоксид серы, фторид кремния, аммиак, закись азота и, что наиболее важно с точки зрения химической теории, газообразный кислород. Работа Пристли дала замечательный импульс изучению пневматической химии. Она оказала большое влияние на расширение химической науки и — не только его руками — на развитие химической теории. Наиболее важный его вклад в науку содержится в его *Экспериментах и наблюдениях за различными видами воздуха*. В этой работе не только рассказывается о методах, с помощью которых он выделял открытые им газы, но и описывается большое количество случайных наблюдений, таких как воздействие растительности на вдыхаемый воздух, показывающих, что зеленые части растений способны при солнечном свете разлагать углекислоту и восстанавливать кислород в атмосфере. Фактически, он был одним из первых, кто проследил специфическое воздействие животных и растений на атмосферный воздух и показал, как эти специфические воздействия поддерживают его чистоту и постоянство состава. Он положил начало искусству эвдиометрии (газового анализа) и был первым, кто установил, что воздух — это не простое вещество, как представляли древние. Пристли приписывают изобретение *содовой воды*, которую он готовил как средство от цинги; а его имя связано с так называемым *пневматическим корытом* — достаточно простым устройством, но оказавшим ему величайшую услугу в его исследованиях.

Покинув лорда Шелберна, Пристли переехал в Бирмингем и возобновил свое служение. Его религиозные и политические убеждения сделали его несносным для Церкви и государственной партии; и во время беспорядков 1791 года его дом был разрушен, его книги и аппаратура уничтожены, а его жизнь подверглась опасности. В конце концов он эмигрировал в Америку и поселился в Нортумберленде, где и умер 6 февраля 1804 года на семьдесят первом году жизни.



С рисунка Александра в Гравюрном зале Британского музея.

Генри Кавендиш родился в Ницце в 1731 году и умер в Лондоне в 1810 году. Он был натурфилософом в самом широком смысле этого термина и занимался по очереди почти всеми

разделами физической науки. Он был способным астрономом и превосходным математиком, и он был одним из первых, кто работал над вопросом об удельной теплоемкости, а также усовершенствовал термометр и методы проведения термометрических наблюдений. Он также определил среднюю плотность земли. Он провел точные наблюдения за свойствами углекислоты и водорода, значительно усовершенствовал методы эвдиометрии и впервые установил практическую однородность состава атмосферного воздуха. Однако его величайшим открытием стало определение *состава воды*. Он был первым, кто доказал, что вода - это не простое вещество, как предполагали древние, а соединение водорода и кислорода. В некоторых из своих опытов он обнаружил, что вода, образовавшаяся в результате соединения кислорода и водорода, была кислой на вкус; и поиски причины этой кислотности привели его к открытию *состава азотной кислоты*. Он был первым, кто провел довольно точный анализ природной воды и объяснил то, что известно как *жесткость воды*.

Можно сказать, что флогистонизм доминировал в химии на протяжении трех четвертей восемнадцатого века. Хотя эта концепция в корне неверна и малопригодна для истинной интерпретации химических явлений, нельзя сказать, что она действительно затормозила развитие химии. Люди продолжали работать и накапливать химические факты, не вдохновленные ими и, по большей части, не подверженные их влиянию. Даже Пристли, возможно, один из самых консервативных последователей Шталь, относился к его догме с самодовольной терпимостью; и по мере того, как ее несоответствия становились очевидными, он не раз был готов отказаться от нее. В одном он был совершенно убежден, а именно в том, что Шталь сильно ошибся в своем представлении об истинной природе флогистона. Возможно, самая заметная медвежья услуга, которую флогистон оказал химии, заключалась в том, что он задержал всеобщее признание взглядов Бойля на природу элементов. Следует помнить, что алхимики считали металлы по существу сложными. Бойль был склонен верить, что они были простыми. Бехер, Шталь и их последователи до последней четверти восемнадцатого века также рассматривали их как соединения, одним из компонентов которых был флогистон. С другой стороны, то, что мы теперь знаем как соединения, такие как кальций, кислоты и сама вода, флогистианцы считали простыми веществами.

Открытие в 1774 году кислорода — дефлогистированного воздуха Пристли — и признание роли, которую он играет в явлениях, для объяснения которых использовался флогистон, знаменуют окончание одной эпохи в истории химии и начало другой. Прежде чем перейти к описанию новой эры, желательно подвести итоги фактического состояния химических знаний в конце флогистического периода и показать, каких успехов удалось добиться в чистой и прикладной химии за это время.

В течение восемнадцатого века было достигнуто более глубокое понимание функционирования формы энергии, которой в основном занимается химия, и взгляды на химическое сродство и его причины начали приобретать более определенные очертания, главным образом благодаря трудам Бурхава, Бергмана, Жоффруа и Руэлля. Было четко признано, что большая группа веществ, охватываемых термином “соли”, являются сложными и состоят из двух противоположных и, в некотором смысле, антагонистических компонентов, обычно классифицируемых как кислоты и основания.

С практической стороны химия добилась значительного прогресса. Анализ — термин, первоначально примененный Бойлем, — значительно продвинулся вперед. Конечно, это было в

основном качественное исследование; но благодаря трудам Бойля, Хоффмана, Маргграфа, Шееле, Бергмана, Гана и Кронштедта определенные реакции и реагенты стали систематически применяться для распознавания химических веществ, а точность, с которой использовались эти реагенты, привела к обнаружению доселе неизвестных элементов. Зачатки количественного анализа были заложены еще до Бойля, но его принципы были значительно развиты им и были расширены Хомбергом, Маргграфом и Бергманом. Маргграф точно определил количество хлорида серебра, образующегося при добавлении обычной соли к раствору с известным весом серебра, и Бергман первым указал, что оценку веществ можно было бы удобно производить путем взвешивания их в виде соответствующим образом приготовленных соединений, которые, как подразумевалось, имели однородный и постоянный состав. Основы точной системы газового анализа были заложены Кавендишем; и различные формы физического оборудования были применены на службе химии.

К элементам, которые были известны до времен Бойля, хотя и не признавались как таковые, были добавлены фосфор (Бранд, 1669), азот (Резерфорд), хлор (Шееле, 1774), марганец (Ган, 1774), кобальт (Брандт, 1742), никель (Кронштедт, 1750) и платина (Уотсон, 1750). Барита была открыта Шееле, а стронция - Кроуфордом. Фосфорная кислота была открыта Бойлем, а ее истинная природа определена Маргграфом; Кавендиш впервые раскрыл состав азотной кислоты. Как уже говорилось, Шееле впервые выделил молибденовую и вольфрамовую кислоты и установил существование ряда органических кислот (стр. 75). О других открытиях, таких как истинная природа известняка и *белой магнезии* и их связь соответственно с известью и магнезией Блэка, многих газообразных веществ Пристли и сложной природы воды Кавендиша, уже упоминалось.

Техническая химия также получила значительное развитие в восемнадцатом веке благодаря усилиям Гана, Маргграфа, Дюамеля, Реомюра, Маккера, Кункеля и Хеллота; и многие важные промышленные процессы, такие как производство серной кислоты Уордом из Ричмонда, а затем Робакком в Бирмингеме, и процесс Леблана по превращению обычной соли в щелочь, зародились в этот период.

CHAPTER VIII

Lavoisier and La Révolution Chimique

Мы видели, как химия сделала новый шаг вперед во время политического переворота, произошедшего в этой стране примерно в середине семнадцатого века. Она приобрела новый импульс и пошла новым курсом во время политического катаклизма, который захлестнул Францию и встревожил Европу в конце XVIII века. Зачинщиком и лидером этой второй революции в химии был Лавуазье, один из самых выдающихся людей своего времени, который сам стал жертвой политической ярости своего собственного народа.

Антуан-Лоран Лавуазье родился в Париже в 1743 году. В Jardin du Roi он попал под влияние Руэля, одного из лучших преподавателей своего времени, который в конечном итоге

сформировал его карьеру химика. В 1765 году он отправил в Академию свою первую статью о гипсе, которая примечательна тем, что впервые дает истинное объяснение “схватывания” парижской штукатурки и причины, по которой перегоревший гипс не восстанавливается. Три года спустя он стал членом *Общego хозяйства* - компании финансистов, которым государство за фиксированную годовую сумму уступило право собирать косвенные налоги в стране. Именно эта связь привела Лавуазье на эшафот во время революции 1794 года. Подобно Шталю, Лавуазье не открыл ничего нового; но, также как и Шталь, он создал новую эпоху, разрушив философскую систему, созданную Шталем.

Обычно утверждается, что исключение является доказательством правила. История науки может показать множество примеров, когда правило опровергалось исключением. Маленькие факты убили большие теории, точно так же, как камешек убил гиганта. Во времена правления флогистона некоторые из таких фактов не были неизвестны — по крайней мере, некоторым из наиболее информированных последователей Шталя.

Некоторые алхимики обнаружили, что металл набирает, а не теряет вес при прокаливании. Это было известно еще в шестнадцатом веке. На это указывали Кардан и Либавиус. Зульцбах показал, что так обстоит дело с ртутью. Бойль доказал это в случае с оловом, а Рей - в случае со свинцом. Более того, по мере роста знаний стало ясно, что первоначальная концепция Шталя о принципе горения как о весомерном веществе — он вместе с Бехером воображал, что оно имеет природу земли, — была несостоятельной. Более поздние флогистианцы были склонны считать его, вероятно, идентичным водороду. Но даже водород имеет вес, а факты, казалось, требовали, чтобы флогистон, если он вообще существовал, был лишен веса.

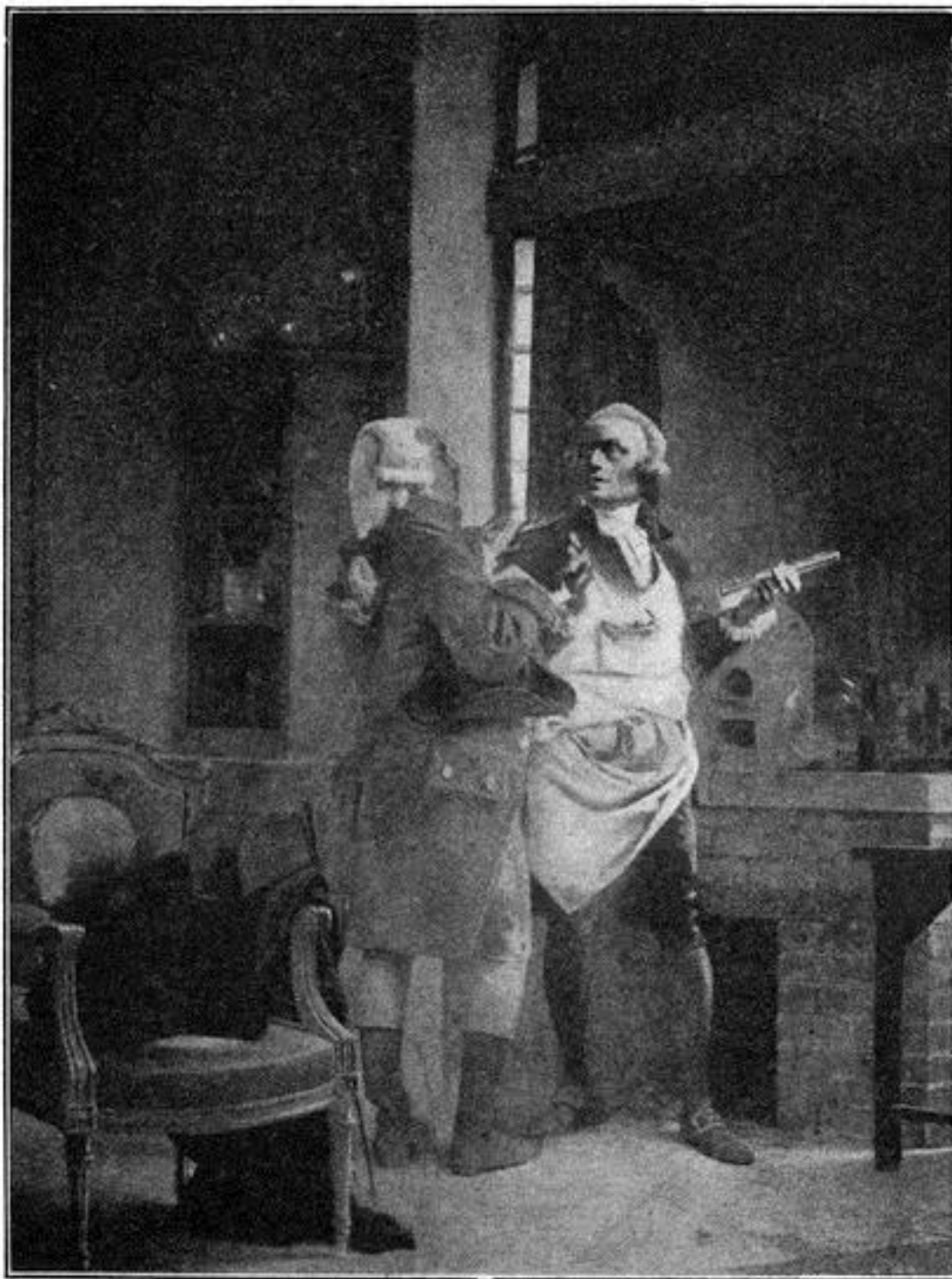
Ко второй половине XVIII века стали высказываться более четкие взгляды на связь атмосферного воздуха с явлениями горения и прокаливания; были вспомнены многие полузабытые факты, относящиеся к этим явлениям, и постепенно стали проявляться непоследовательность и недостаточность флогистона как догмы. Три кардинальных факта сговорились, чтобы ниспровергнуть его — выделение кислорода Пристли; признание им природы атмосферного воздуха и того факта, что одним из его компонентов является кислород; и, наконец, открытие Кавендиша, что вода представляет собой соединение и что ее составными частями являются кислород и водород. Значение этих фактов впервые было ясно осознано Лавуазье, и ему принадлежит заслуга их истинной интерпретации. Путем рассуждений и экспериментов он убедительно доказал, что все обычные явления горения представляют собой многочисленные примеры соединения кислорода воздуха с горючим веществом; что прокаливание - это процесс соединения кислорода воздуха с металлом, который, таким образом, увеличивается в весе на количество объединенного кислорода. Вода — уже не простое вещество — образуется в результате соединения, вес за весом, кислорода и водорода. Рассуждения Лавуазье были настолько здравыми, а его экспериментальные данные настолько полными, что его взгляды постепенно получили признание во Франции. Таким образом, миф о флогистоне был разрушен. Вдохновленная Лавуазье, небольшая группа французских химиков — Бертолле, Фуркруа, Гайтон де Морво — после этого приступила к работе по перестройке системы химии и изменению ее номенклатуры таким образом, чтобы исключить все ссылки на флогистон. Сами названия “кислород”, “водород”, “азот”, соответствующие соответственно “дефлогистированному воздуху”, “флогистону” и “флогистированный воздух” Пристли, были придуманы новой французской школой. Какое-то время *основной оксиген* рассматривался этой школой во многом в том же отношении, в каком флогистон рассматривался Шталем и его

последователями. Один фетих был заменен другим. Горючее начало — флогистон — было заменено подкисляющим началом — кислородом. Новая химия на какое-то время сосредоточилась вокруг кислорода, точно так же, как старая химия сосредоточилась вокруг флогистона. Взгляды французской школы не встретили немедленного признания ни в Германии, на родине флогистонизма, ни в Швеции, ни в Англии, возможно, в какой-то степени из-за национальных предрассудков. Дух революции, даже если это могла быть интеллектуальная революция, не распространился на эти страны. Пристли, Кавендиша и Шееле не удалось убедить принять новую доктрину. Однако он был принят Блэком и его принципам обучен им в Эдинбурге; и к концу столетия он практически вытеснил флогистонизм в этой стране. Некоторые из тех, кто, подобно Кирвану, энергично выступали против новой теории, в конце концов с энтузиазмом приняли ее. Его появление в Германии произошло в основном под влиянием Клапрота.

Далее, Лавуазье мы обязаны признанием принципа, лежащего в основе химической науки, — принципа сохранения вещества. Лавуазье не был первым, кто ввел использование баланса в химию: количественная химия на самом деле возникла не при нем. Бойль, Блэк и Кавендиш, по сути, опередили его в признании важности изучения количественных соотношений веществ. Тем не менее, никто до него так ясно не предвосхищал доктрину о неразрушимости материи, и главным образом благодаря его учению баланс был признан необходимым для изучения химии. Перед своей безвременной кончиной ему удалось запечатлеть в науке основные черты, которые характеризуют ее в настоящее время.

Лавуазье был одним из самых выдающихся людей своего времени, и его заслуги как философа были признаны во всей Европе. Действительно, не будет преувеличением сказать, что на момент своей смерти он был доминирующей фигурой в химическом мире восемнадцатого века. В дополнение к своей должности члена *Генеральной фермы* Тюрго назначил его комиссаром *Режима пудров*; и в этом качестве он добился улучшений в производстве и рафинировании селитры и значительно улучшил баллистические свойства пороха. Он стал секретарем Комитета сельского хозяйства и составлял отчеты о выращивании льна, картофеля и известковании пшеницы; он подготовил схему создания экспериментальных ферм, а также сбора и распределения сельскохозяйственных орудий. Он ввел выращивание свеклы в Блезуа и улучшил породу овец, завезя баранов и овцематок из Испании. Он последовательно был членом Ассамблеи Орлеанцев, *замещающего департамента* Генеральных штатов и Парижской коммуны. В 1791 году он был назначен секретарем и казначеем знаменитой Комиссии мер и весов, из которой выросла международная система, теоретически основанная на натуральной единице, известной как метрическая система, и в настоящее время принятая большинством цивилизованных стран мира. Он был не только административным сотрудником Комиссии: он внес свой вклад в разработку номенклатуры системы и руководил определением физических констант, на которых основывались измерения, и особенно определением веса единицы объема воды, на котором основывалось значение стандарта массы. Наконец, он был казначеем Французской академии до ее упразднения в 1793 году Конвентом, который вскоре после этого приказал арестовать Лавуазье и других членов семьи Фермье-женеро — всего двадцать восемь человек. Они были приговорены к смертной казни в течение двадцати четырех часов, а их имущество конфисковано. Коффинхол, объявивший их гибель, провозгласил: *“Республика без участия ученых”*. Так на пятьдесят первом году своей жизни погиб создатель современной химии — жертва бессмысленной, кровожадной ярости *“Друзей народа”*. Его честность, его общественные заслуги, чистота его личной жизни, великолепие его научных

достижений — все это осталось без внимания. Как сказал Лагранж Деламбру: “Потребовалось всего мгновение, чтобы отрубить эту голову; ста лет может не хватить, чтобы воспроизвести такую другую”.



Лавуазье и Бертолле
в лаборатории Сорбонны, Париж.

Из людей, которые были связаны с Лавуазье в создании того, что в то время называлось противовоспалительной химией, самым выдающимся был Бертолле.

Клод-Луи Бертолле родился в Савойе в 1748 году и, получив медицинское образование, стал врачом герцога Орлеанского. Посвятив себя химии, в 1781 году он был принят в члены Академии, а также стал правительственным комиссаром и директором музея Гобеленов, главного тинкториального учреждения Франции. Хотя в основном он был согласен с Лавуазье, он никогда полностью не разделял идею о том, что все кислоты содержат кислород. Он открыл отбеливающую способность хлора, приготовил хлорат калия и исследовал синильную кислоту и молниеносное серебро.

В своей *химической статистике*, опубликованной в 1803 году, он боролся с частичными и несовершенными взглядами Бергмана и Жоффруа относительно действия химического сродства и показал, что направление химического изменения зависит от относительной доли реагирующих веществ и физических условий — температуры, давления и т.д., — при которых происходит изменение. Он был одним из первых, кто обратил внимание на класс явлений, известных как обратимые реакции, и привел ряд примеров их возникновения. Бертолле зашел в своих выводах так далеко, что усомнился в том, что химическое соединение происходит в фиксированных пропорциях; и его взгляды послужили поводом к памяtnому спору между ним и Прустом, в котором последний в конце концов одержал победу.

Бертолле пользовался в свое время большой репутацией и сыграл значительную роль в политической истории своей страны. Во многом благодаря его рвению, проницательности и умению развивать ее внутренние ресурсы в критический период, когда она была окружена иностранными войсками, а ее порты блокированы британскими кораблями, Франция была спасена от завоевания. Его жизнь не раз подвергалась опасности, когда Францией управлял Комитет общественной безопасности; но его честность, искренность и мужество произвели впечатление даже на Робеспьера, и он избежал опасностей Большого террора. Он был близким другом Наполеона и сопровождал его в Египет в качестве члена Института. Он умер в Аркейле в 1822 году.

Дэви, посетивший его в его загородном доме в 1813 году, говорит о нем:

Бертолле был в высшей степени любезным человеком; даже будучи другом Наполеона, он всегда был добрым, примирительным и скромным, откровенным. В нем не было высокомерия и много грации. Во всех отношениях уступая Ла Плейсу по интеллектуальным способностям, он казался превосходящим его по моральным качествам. Бертолле не производил впечатления гениального человека, но, глядя на физиономию Ла Пласа, нельзя было не убедиться, что он был очень незаурядным человеком.

Другими известными людьми того периода были Фуркруа, Воклен, Клапрот и Пруст.

Антуан-Франсуа Фуркруа, сын фармацевта, родился в Париже в 1755 году и начал свою карьеру драматического автора. По совету анатома Вика д'Азира он обратился к медицине, а в 1784 году, под влиянием Бюффона, получил кафедру химии в Королевском саду, сменив Маккера. Он был превосходным преподавателем — ясным, упорядоченным и методичным. У него действительно был ораторский талант. Это он усердно культивировал и стал одним из самых популярных лекторов своего времени во Франции. Амбициозный и работающий со временем, он оказался втянутым в бурную политику того периода и, сделав неоднозначную

карьеру, умер, озлобленный и разочарованный, на пятьдесят четвертом году своей жизни. Его главные заслуги перед наукой заключались в его работах "*Система химических связей*" и "*Химическая философия*". Они, не меньше, чем его публичные лекции, многое сделали для популяризации доктрин Лавуазье среди его соотечественников.

Луи Николя Воклен, сын нормандского крестьянина, родился в 1763 году и еще мальчиком стал помощником аптекаря в Руане. В 1780 году он приехал в Париж и поступил в лабораторию Фуркруа. Большая часть экспериментальных работ, опубликованных от имени Фуркруа, на самом деле была выполнена Вокленом. Он стал членом Академии в 1791 году, профессором химии в Горной школе, пробирщиком Монетного двора, а впоследствии профессором химии в Ботаническом саду. После смерти Фуркруа он был назначен профессором химии медицинского факультета Парижа. Воклен не был теоретиком; однако он был превосходным химиком-практиком и одним из лучших аналитиков того периода. Он провел большое количество анализов минералов, в частности, для Хауи, кристаллографа. Он открыл элемент *хром* в так называемой красносвинцовой руде (хромат свинца) из Сибири. Он также впервые сообщил о существовании *глюцина* в берилле. Он описал метод разделения платиновых металлов и работал с *иридием* и *осмием*. Он исследовал *гипосульфиты*, *цианаты* и *малаты*. Он обнаружил присутствие *бензойной кислоты* в моче животных; с помощью Robiqet он впервые выделил *аспарагин*; с помощью Buniva - *аллантоиновую кислоту*; и с помощью Bouillon de la Grange - *камфорную кислоту*.

Воклен жил исключительно ради науки, и у него не было других интересов, кроме своей лаборатории. Он вышел на пенсию в 1822 году и умер на месте своего рождения — в Сент-Луисе. Андре д'Эберло — на шестьдесят шестом году жизни.

Мартин Генрих Клапрот, родившийся в 1743 году в Вернигероде, в Гарце, начал жизнь, как и Воклен, учеником аптекаря в Кведлинбурге. Оттуда он отправился в Ганновер, а затем в Берлин, где учился у Потта и Маргграфа и поступил в аптеку Валентина Роуза, отца Генриха Роуза, выдающегося химика, и Густава Роуза, минералога. В 1788 году он стал членом Берлинской академии, а после создания Берлинского университета в 1809 году был назначен профессором химии. Как уже говорилось, он был первым выдающимся химиком в Германии, принявшим антифлогистическую теорию. Он был выдающимся аналитиком. Он открыл *теллур*, проанализировал *смоляную обманку* и *уранит* и впервые сообщил о существовании *урана*, *циркония* и *церия*, которые он назвал "охройта". Он проанализировал *корунд* и был независимым первооткрывателем *титана* и *глюцина*, названного им *бериллием*. Он провел большое количество анализов минералов, таких как лейцит, хризоберилл, гиацинт, гранит, оливин, вольфрам, малахит, пироморфит и др. Он продолжал активно работать до самой своей смерти, на семьдесят четвертом году жизни.

Аналитическая химия несет большие обязательства перед Клапротом. Он установил стандарт точности, к которому прежде никто не приближался; и большая часть его аналитической работы, как в отношении процессов, так и результатов, имеет постоянную ценность.

Жозеф Луи Пруст, сын фармацевта, родился в Анже в 1761 году. Раннее химическое образование он получил у своего отца и, после учебы у Руэля в Париже, получил назначение в Сальпетриер. Прусту принадлежит заслуга первого химика, совершившего восхождение на воздушном шаре — на воздушном шаре Монгольфье вместе с Пилатром де Розье. По приглашению короля Испании он отправился в эту страну, чтобы руководить некоторыми

химическими производственными процессами. Он стал профессором химии в Университете Саламанки, а затем отправился в Мадрид, где его устроили в хорошо оборудованную лабораторию, чтобы он мог исследовать минеральные богатства Испании. С началом войны его работа была прервана, и он был вынужден покинуть Мадрид. Его лаборатория была полностью разрушена, а ценная коллекция приборов и образцов рассеяна. Благодаря добрым услугам Бертолле, Наполеон предложил Прусту значительную сумму денег, чтобы побудить его применить свое открытие виноградного сахара на практике. Однако здоровье Пруста было слишком подорвано, чтобы браться за работу управляющего фабрикой, и он удалился в Майнц. После восстановления монархии он стал членом Французской академии, а его гонорар как академика был увеличен пенсией от Людовика XVIII. Он умер в 1826 году, находясь с визитом в Анже, на своей родине.

Пруст - первооткрыватель того, что сейчас называется “законом постоянной пропорции”, который гласит, что одно и то же тело неизменно состоит из одних и тех же элементов, соединенных в одной и той же пропорции. Он был искусным аналитиком и провел многочисленные анализы минералов; и он был одним из первых, кто предпринял систематическое изучение металлических солей органических кислот.

ГЛАВА IX

Атомная теория

Первые годы девятнадцатого века запомнились обнародованием атомной теории Джоном Дальтоном. Провозглашение этой теории, дающей простое и адекватное объяснение фундаментальных законов химического сочетания, знаменует собой эпоху в истории химии.

Возможно, было бы желательно как можно короче проследить последовательные шаги, приведшие к обобщению, которое больше, чем какое-либо другое, способствовало утверждению химии как точной науки. То, что материя была *дискретной*, то есть что она не была непрерывной, а состояла из элементарных частиц, было, как уже говорилось, вообразено древними и являлось частью философии Левкиппа, Демокрита и Левкреция. Но это предположение, хотя и поддерживалось Ньютоном и другими мыслителями, до середины восемнадцатого века практически не имело научной основы. С этого времени постепенно накапливалось множество химических фактов, многие из которых на момент их открытия не имели очевидной связи с ранее существовавшими фактами. Далтону оставалось указать, каким образом расширения и более точного определения старой доктрины было бы достаточно, чтобы связать и объяснить их.

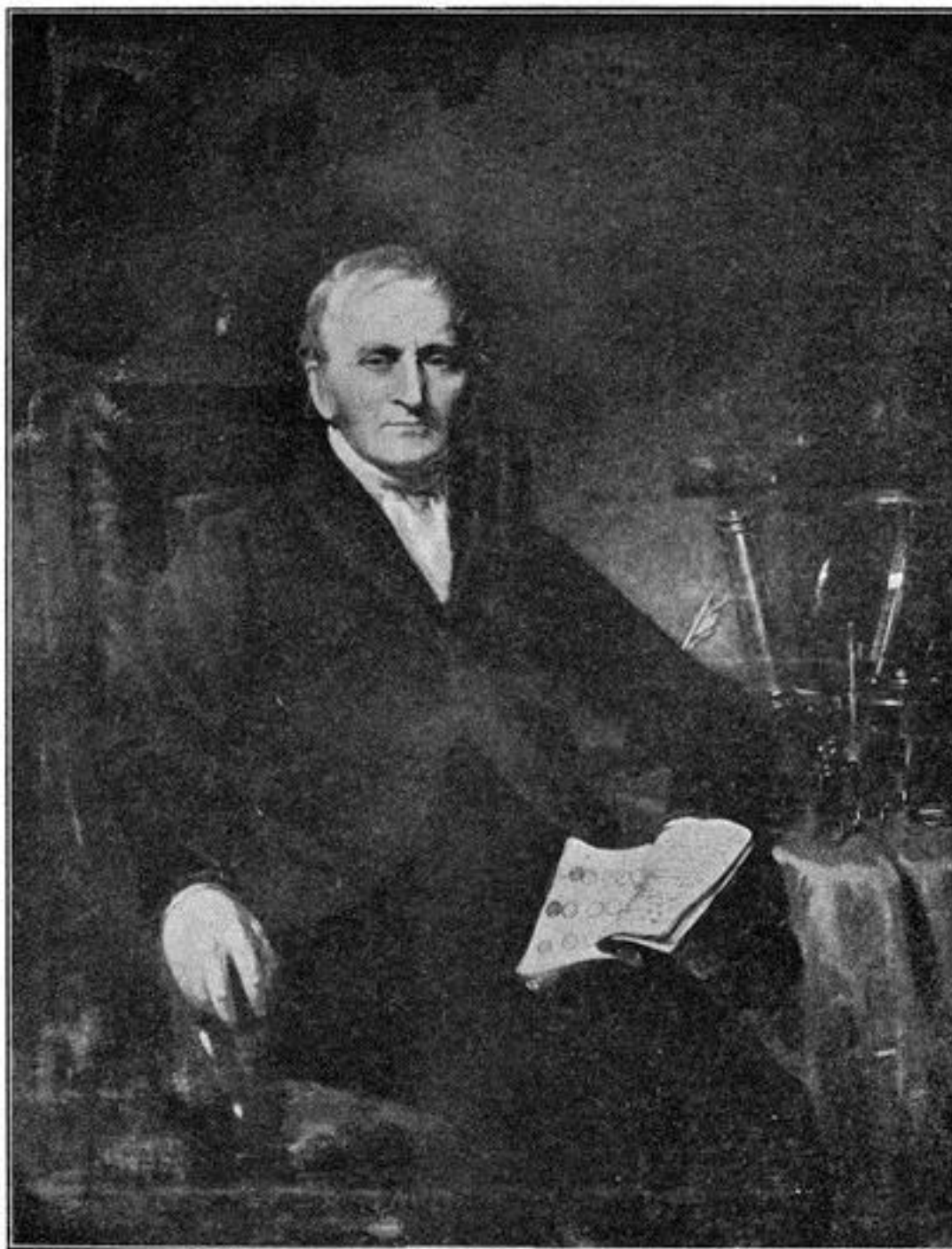
Первый зародыш атомной теории, основанной на химических фактах, можно проследить в наблюдении **Тоберна Бергмана** (р. 1735, ум. в 1784), профессора химии в Упсале, о том, что нейтральные растворы определенных металлов при контакте с другими металлами дают осадок без нарушения нейтральности раствора и без выделения газа. Один металл просто заменил другой в растворе. Таким образом, Бергман случайно обнаружил факт химической

эквивалентности металлов. Однако он придерживался мнения, что это явление означает перенос флогистона из одного металла в другой и что этот процесс можно использовать для определения относительного количества флогистона в различных металлах. Лавуазье расширил наблюдения Бергмана и, по сути, попытался показать, что этот процесс дает средство определения количеств нескольких металлов, которые соединяются с одним и тем же количеством кислорода. Но ни Бергман, ни Лавуазье по-настоящему не ухватили идею эквивалентности в том виде, в каком мы понимаем ее сегодня. Это начало цениться как результат работы **Иеремии Бенджамина Рихтера** (р. 1762, ум. в 1807) и **Дж. Э. Фишер** о взаимном действии солей в растворах и об определении количеств кислоты и оснований, которые соответственно соединяются друг с другом. Методы измерения пропорций, в которых соединяются вещества, были сгруппированы Рихтером под термином *Стехиометрия*.

Как бы ни было желательно в интересах истории указать последовательность предположений и фактов, предшествовавших формулированию атомной теории, очень сомнительно, чтобы они в какой-либо существенной степени повлияли на Дальтона. Человек-самоучка скромного происхождения, совершенно независимый и в высшей степени оригинальный, он привык полагаться на свою способность наблюдать и экспериментировать в отношении фактов, а также на свои интеллектуальные способности и умственную энергию для их интерпретации.

Джон Далтон, сын квакера, ткача за ручным ткацким станком, родился в Иглсфилде, в Камберленде, в 1766 году. Еще мальчиком он начал преподавать в школе и приобрел, на досуге и собственными усилиями, компетентные знания в области математики и физики. В 1793 году его призвали преподавать математику, натурфилософию и химию в Манчестерском Новом колледже, нонконформистской академии, ныне перенесенной из Уоррингтона, в которой Пристли ранее читал лекции. Здесь он оставался шесть лет, покинув колледж, чтобы занять независимую должность частного репетитора, чтобы иметь возможность более свободно заниматься своими научными исследованиями. В 1800 году он стал секретарем Философского общества Манчестера и оставался связанным с этим учреждением в качестве официального лица до своей смерти в 1844 году. Большее количество его научных сообщений было опубликовано этим обществом. В начале своей научной карьеры его привлекала метеорология; и, вероятно, именно ее проблемы в первую очередь побудили его экспериментировать и размышлять о физическом составе газов. В ходе этих наблюдений он пришел к открытию закона теплового расширения газов, с которым его имя теперь обычно ассоциируется. Его размышления о физическом строении газообразных веществ, возникшие в результате созерцания газовых явлений, привели его к концепции, что газ состоит из частиц, которые отталкиваются друг от друга с силой, уменьшающейся по мере удаления их центров друг от друга; и вполне вероятно, что таким образом он познакомился с идеей существования атомов. Его первое понимание законов химического сочетания этих атомов, по-видимому, возникло из его открытия, что, когда два вещества соединяются в разных пропорциях, эти пропорции могут быть выражены простыми кратными целыми числами. Таким образом, он обнаружил, исследуя состав болотного газа и этилена, обоих углеводородов, что при одинаковом весе водорода в этилене содержится вдвое больше углерода, чем в болотном газе. Затем он исследовал оксиды азота и обнаружил аналогичную закономерность, присущую этим соединениям. За некоторое время до осени 1803 года Дальтон пришел к предположению, что эти закономерности могут быть удовлетворительно объяснены предположением, что материя состоит из атомов, размеры и вес которых различаются для каждого вещества, но одинаковы для любого конкретного вещества, и что химическая комбинация заключается в сближении этих атомов. Эта простая

гипотеза объясняла все известные тогда факты. Это объясняло постоянство химического состава веществ, которое, можно сказать, было установлено Прустом и которое теперь сформулировано как Закон постоянной пропорции — одно и то же тело неизменно состоит из одних и тех же элементов, соединенных в одной и той же пропорции. Это также объясняло факт, открытый Далтоном, что, когда элемент соединяется с другим в разных пропорциях, более высокие пропорции кратны самым низким — теперь это сформулировано как Закон кратной пропорции. Далее это объясняло тот факт, который, можно сказать, был предсказан Рихтером, что когда два тела, А и В, по отдельности соединяются с третьим телом, С, пропорции А и В, которые соединяются с С, являются мерами или кратными пропорциям, в которых А и В соединяются вместе. Это известно как Закон взаимной пропорции.



Джон Далтон.

С картины Б. Р. Фолкнера, находящейся во владении Королевского общества

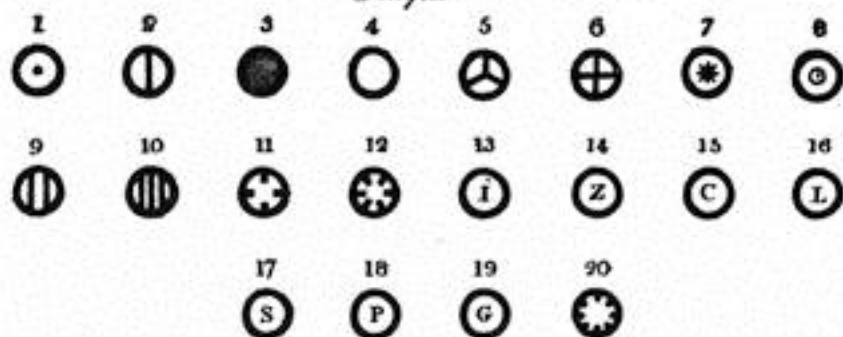
Теория Дальтона была впервые широко известна Томасу Томсону в третьем издании его *системы химии*, опубликованном в 1807 году, и была использована Томсоном в его статье “Оксалаты стронция”, опубликованной в том же году в *Philosophical Transactions*. Первый печатный отчет самого Далтона содержится в Части I. его *Новой системы химической философии*, опубликованной в 1808 году, суть которой ранее была изложена в курсе лекций в Королевском институте в Лондоне, а впоследствии повторена в Эдинбурге и Глазго.

Изложение его теории содержится в главе iii. этой работы под заголовком “О химическом синтезе” и сопровождается табличкой и пояснением, факсимиле которого приведено на стр. 130-1.

Факты, на которых Далтон основывал свою теорию, неопровержимы; но объяснение Далтоном их не было общепринятым в то время, когда он его давал. Дэви, который, конечно, был знаком с концепцией атомов как части ньютоновской философии, возражал против термина “атомный вес”, введенного Дальтоном, и предложил выражение “пропорция сочетания”; а Волластон, по сходным причинам, предложил термин “эквивалент” для обозначения постоянной величины, с которой тела входят в соединение и выходят из него. Нет сомнения, что использование этих терминов задержало всеобщее признание доктрины Дальтона и, более того, внесло в науку путаницу, которая окончательно развеялась, как мы увидим, только во второй половине столетия.

ELEMENTS

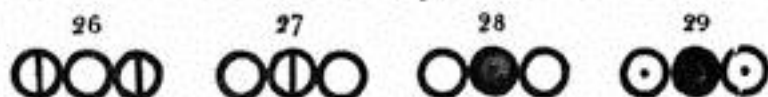
Simple



Binary



Ternary



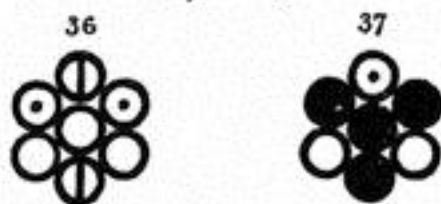
Quaternary



Quinquenary & Sextenary



Septenary



ЭЛЕМЕНТЫ

Простой

Бинарный

Троичный

Четвертичный

Пятилетний и Шестнадцатилетний

Семеричный

Иллюстрация на предыдущей странице содержит произвольные обозначения, выбранные для обозначения нескольких химических элементов или элементарных частиц.

Рис.

1. Гидро. его относительный вес.	1
2. Azote	5
3. Карбон или древесный уголь	5
4. Кислород	7
5. Фосфор	9
6. Сера	13
7. Магnezия	20
8. Лайм	23
9. Содовая	28
10. Калий	42
11. Стронтиты	46
12. Бариты	68
13. Железо	38
14. Цинк	56
15. Медь	56
16. Ведущий	95
17. Серебро	100
18. Платина	100
19. Золото	140
20. Ртуть	167
21. Атом воды или водяного пара, состоящий на 1 из кислорода и на 1 из водорода, удерживаемый в физическом контакте сильным сродством и предположительно окруженный общей атмосферой тепла; его относительный вес =	8
22. Атом аммиака, состоящий на 1 из азота и на 1 из водорода	6
23. Атом азотистого газа, состоящий на 1 из азота и на 1 из кислорода	12
24. Атом олефинового газа, состоящий на 1 из углерода и на 1 из водорода	6

25. Атом оксида углерода, состоящий из 1 атома углерода и 1 атома кислорода	12
26. Атом закиси азота, 2 азота + 1 кислород	17
27. Атом азотной кислоты, 1 азот + 2 кислорода	19
28. Атом угольной кислоты, 1 углерод + 2 кислорода	19
29. Атом карбюрированного водорода, 1 углерод + 2 водорода	7
30. Атом оксинитриновой кислоты, 1 азот + 3 кислорода	26
31. Атом серной кислоты, 1 сера + 3 кислорода	34
32. Атом сероводорода, 1 сера + 3 водорода	16
33. Атом спирта, 3 углерода + 1 водород	16
34. Атом азотистой кислоты, 1 азотная кислота + 1 азотистый газ	31
35. Атом уксусной кислоты, 2 углерода + 2 воды	26
36. Атом нитрата аммиака, 1 азотная кислота + 1 аммиак + 1 вода	33
37. Атом сахара, 1 спирт + 1 углекислота	35

Оценки Далтоном относительных весов атомов, или, используя выражение Дэви, значений их соотношений при соединении, были, как и следовало ожидать, очень грубыми приближениями к истине. Это возникло частично из-за неадекватности экспериментальных данных, а частично из-за неопределенности относительно относительного числа составляющих атомов, из которых состоит соединение. Ни у Дальтона, ни у его непосредственных преемников не было какого-либо рационального или последовательного метода определения последнего пункта. Принятый подход к составу соединения определял, какие конкретные кратные или субмноженные значения атомных масс его составляющих должны быть приняты. Поскольку у Далтона во многих случаях не было реального критерия, которым он мог бы руководствоваться, он делал простейшие из возможных предположений; но они могли быть верными, а могли и не быть; и последующий опыт показал, что в некоторых случаях они были ошибочными.

Однако было общепризнано, что эти атомные веса, сочетающие пропорции, или эквиваленты, как их некоторое время безразлично называли, были химическими константами высочайшей важности как для химика-ученого, который, помимо теоретического интереса, нуждался в них в ходе количественного анализа, так и для химика-изготовителя, которому они требовались для разумного осуществления своих операций; и соответственно, ряд химиков очень скоро после обнародования теории Дальтона попытались определить их значения со всей возможной точностью. Главным среди них был шведский химик Берцелиус, которому наука была обязана серией оценок атомных весов, которые долгое время считались образцами количественной точности, а их автор считался величайшим мастером детерминационной химии своего времени.

Йенс Якоб Берцелиус, сын школьного учителя, родился недалеко от Линчепинга, в Восточном Готланде, Швеция, в 1779 году. Приехав в Упсалу с целью получить профессию врача, он был привлечен под влиянием Афцелиуса — или, скорее, вопреки ему — к изучению химии, а позже и электричества вольты, находившегося тогда в зачаточном состоянии. Занимая ряд второстепенных должностей преподавателя медицины, фармации, физики и химии, в 1808 году он был избран членом Шведской академии наук, президентом которой стал в 1810 году. В 1818 году он был назначен постоянным секретарем Академии и благодаря ежегодной субсидии

получил возможность полностью посвятить себя экспериментальной науке. Он был обогорожен в 1818 году, а по случаю его женитьбы в 1835 году был произведен в бароны скандинавского королевства. Он умер в 1848 году.

Берцелиус занимает выдающееся положение в истории химии и на протяжении значительной части своей жизни пользовался почти непрекаемым авторитетом как философ-химик. Он известен как экспериментатор, как первооткрыватель, как критик и интерпретатор, а также как законодатель. Его вклад в химические знания распространяется на все области науки. Он разделяет с Дэви честь установления фундаментальных законов электрохимии. Его экспериментальная работа по определению атомных весов элементов — величайший труд его жизни — имела первостепенное значение в этот конкретный период развития химии: она послужила не только для придания точности и повышения значимости и ценности обобщения Дальтона, но и впервые предоставила химикам набор констант, установленных с высочайшей точностью, на которую тогда была способна оперативная химия, способствуя тем самым расширению количественного анализа и более точному знанию состава веществ. Берцелиус действительно был аналитиком первого ранга — добросовестным, терпеливым и кропотливым; изобретательным и умелым манипулятором; изобретательным и находчивым. То, что определяющая химия обязана его трудам и не в меньшей степени его примеру, очевидно даже при самом поверхностном изучении ее литературы первой трети прошлого века.

Как первооткрыватель, Берцелиус впервые сообщил о существовании *церия* (1803), *селена* (1818) и *тория* (1828); и он подготовил и исследовал большое количество их комбинаций. Он выделил *кремний* (1823), *цирконий* (1824), *тантал* (1824) и изучил соединения *ванадия*, открытые его соотечественником Сефстромом. Он в значительной степени расширил наши знания о группах веществ, в которых сера заменяет кислород; исследовал соединения фтора (1824), платины (1828) и теллура (1831-1833) и провел множество анализов минералов, метеоритов и минеральных вод. Он открыл *рацемическую кислоту* и исследовал ферроцианиды. Именно его исследование рацемической кислоты, которая имеет тот же процентный состав, что и винная кислота, впервые позволило ему понять концепцию *изомерии*, термина, которым мы обязаны ему, а также *метамерии* и *полимерности*. Он был первым, кто изучил явления контактных воздействий, которые он понимал под термином *катализ*.



Jöns Jakob Berzelius.

С картины Дж. Г. Сэндберга.

Его литературная деятельность как автора была поразительной. Его новая система минералогии знаменует собой эпоху в истории этой отрасли науки. Его учебник по химии долгое время был ведущим пособием и выдержал множество изданий, постоянно пересматриваясь им самим. Его ежегодные отчеты о прогрессе физики и химии составили двадцать семь томов и представляют собой памятник его трудолюбию, скрупулезности, проницательности и критическим способностям.

Несмотря на то, что Берцелиус не работал в университете и располагал лабораторией самых скромных размеров и характера, он пользовался большим влиянием как преподаватель.

Некоторые из самых известных химиков прошлого века, такие как Генрих и Густав Розе, Дюлонг, Мичерлих, Велер, Chr. Гмелин и Мосандер были среди его учеников, и многие из них свидетельствовали о его стимулирующей силе как исследователя природы и о его достоинствах как достойного, добродушного человека.

Обоснованность гипотезы Дальтона получила дальнейшее подтверждение благодаря открытию Гей-Люссака в 1808 году, что газы всегда соединяются в простых пропорциях по объему и что объем образующегося газообразного продукта при измерении в сопоставимых условиях температуры и давления находится в простой зависимости от объемов составляющих. Закон давления, открытый Бойлем, закон теплового расширения Дальтоном и закон объемов Гей—Люссака (который, следует отметить, был ранее и независимо открыт Дальтоном) объясняются исходя из предположения, что равное количество частиц — либо в виде простых частиц, либо в виде составных частиц - присутствуют в одном и том же объеме газа. Этот метод объяснения был впервые четко сформулирован итальянским физиком **Авогадро** в 1811 году, но его значение, как будет видно впоследствии, было оценено только полвека спустя.

По мере того как значения атомных весов постепенно становились более точными, возникали предположения относительно значения числовых соотношений, которые, как было замечено, существовали между ними. В 1815 году **Уильям Праут** выдвинул предположение, что атомный вес газообразных элементов кратен целым числам атомного веса водорода. Расширенное до обобщения, это можно было бы считать указанием на то, что все виды материи представляют собой множество форм первичной субстанции. Последующее расследование показало, что “Закон” Праута, как его иногда называют, не был выдержан в своей первоначальной форме. Было убедительно доказано, что некоторые элементы имели атомные веса, которые не были целыми числами. Впоследствии Дюма изменил закон, после переопределения большого числа атомных весов, предположив, что вещество, общее для так называемых элементов, имеет меньший атомный вес, чем единица. Хотя существует значительное количество элементов, атомные массы которых, основанные на наиболее точных определениях, удивительно близки к целым числам, исследования Стаса и других ученых не дают веских оснований полагать, что гипотеза Праута и лежащее в ее основе предположение, на которое она указывает, подтверждаются экспериментальными данными.

ГЛАВА X

Истоки электрохимии

Первый год девятнадцатого века памятен еще и тем, что была изобретена электрическая батарея, а также тем, что **Уильям Николсон** и **сэр Энтони Карлайл** применили ее для электролитического разложения воды. Этот способ разделения воды на составляющие произвел большую сенсацию в то время, главным образом из-за необычного метода, с помощью которого это было сделано. Это позволило получить независимое и неожиданное доказательство сложной природы воды методом, принципиально отличающимся от того, с помощью которого ранее определялся ее состав. Образование воды при сгорании водорода не

принесло убежденности в ее истинной природе такому убежденному флогистианцу, как Пристли; и даже сомнительно, чтобы Кавендиш когда-либо полностью осознал истинное значение своего великого открытия. Но тот факт, что количественные результаты проведенного таким образом анализа были идентичны результатам его синтеза, сделанного Кавендишем и Лавуазье, допускал только одну интерпретацию. Можно сказать, что это кардинальное открытие завершило падение флогистона.

Нигде ценность вольтовой батареи как аналитического агента не была оценена так быстро, как в Англии. В руках Хамфри Дэви его применение к анализу щелочей и щелочноземельных элементов привело к открытиям величайшего масштаба.

Хамфри Дэви родился в Пензансе в 1778 году. В ходе своего обучения профессии врача его привлекла химия, и он стал ассистентом доктора Беддоуза, бывшего преподавателя химии в Оксфорде, но затем жившего в Клифтоне, недалеко от Бристоля. Работая ассистентом и оператором в Пневматическом институте Беддоуза, Дэви обнаружил опьяняющие свойства *закиси азота* (так называемого веселящего газа), что принесло ему известность и привело к тому, что менеджеры недавно созданного Королевского института в Лондоне назначили его преподавателем химии вместо Гарнетта. Он рано начал экспериментировать с гальванизмом и вскоре преуспел в разработке фундаментальных законов электрохимии; а в 1807 году он осуществил *разложение поташа и соды* с помощью электричества вольта, тем самым установив, что действительно предполагалось ранее, что щелочи являются сложными веществами. Впоследствии он доказал, что то же самое относится и к щелочным землям. Таким образом, Дэви добавил пять или шесть металлических элементов к уже известным.

Эти открытия, возможно, самые блестящие в свое время, предоставили дополнительные доказательства несостоятельности предположения Лавуазье о том, что кислород, как следует из названия, был “принципом кислотности”. Это предположение, по сути, уже было опровергнуто в случае с водой — нейтральным веществом, лишенным всех признанных свойств кислоты. Это было еще более опровергнуто случаями с поташем и содой — сильнощелочными соединениями.

Дэви привел дополнительные доказательства, продемонстрировав в 1810 году, что так называемая *оксимуриевая кислота*, *дефлогистированная морская кислота*, открытая Шееле, не содержала кислорода, а была простым неделимым веществом. Вместо старого обозначения, которое обозначало составное тело, он заменил название на *хлор*, намекая на характерный цвет элемента. В ходе своего исследования этого вещества он обнаружил *пента- и трихлорид фосфора*, *хлорфосфамид* и *перекись хлора*. Он также был первооткрывателем *промытого водорода* и независимым первооткрывателем *нитросульфоновой кислоты*.



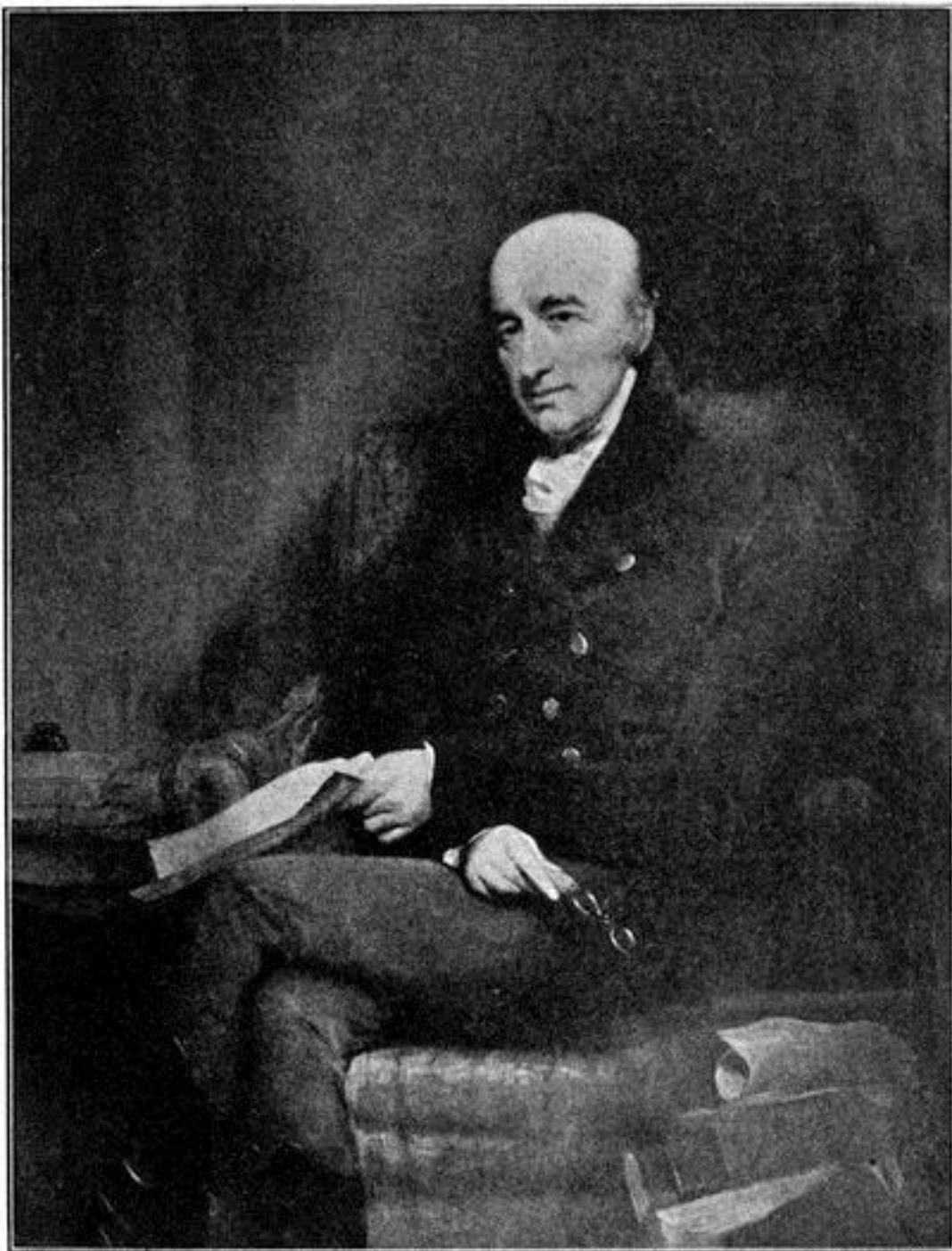
Сэр Хамфри Дэви.

С картины Лоуренса, находящейся во владении Королевского общества.

Он работал с йодом и йодатами, с алмазом, с так называемым дымящимся раствором Кадета, с хлоридом азота и с пигментами древних. Наконец, он изобрел шахтерскую защитную лампу, с которой его имя всегда будет ассоциироваться, совершив тем самым практически революцию в угледобыче. Он стал президентом Королевского общества в 1820 году и умер в Женеве 29 мая 1829 года, на пятьдесят первом году своей жизни. Дэви был необычайно

одаренным человеком, обладавшим огромной силой ума и воображения; быстрым, живым и изобретательным; красноречивым учителем и смелым и блестящим экспериментатором.

Еще одно примечательное имя в химической истории этого периода - Волластон. **Уильям Хайд Волластон**, родившийся в Ист-Дерехеме, графство Норфолк, в 1766 году, получил образование в Кембридже с целью получения медицинской профессии, но, не сумев получить практику, посвятил себя изучению науки, особенно оптики и химии. Он разработал метод *обработки платины* и был первым, кто сообщил о существовании *палладия* и *родия*. Он был одним из самых изобретательных и проницательных аналитиков своего времени и обладал недюжинной изобретательностью. Он исследовал *природумочевых камней* и *меловых камней*. Его статья об *оксалатах калия* оказала большую услугу в то время как продемонстрировала закон множественных пропорций. Он первым обратил внимание на существование в солнечном спектре того, что впоследствии было названо *линиями Фраунгофера*; и он изобрел *отражающий угломер* и *камеру lucida*, а также *логарифмическую линейку* для химических расчетов. Он напоминал Кавендиша по темпераменту и складу ума и, как и он, отличался широтой и точностью своих научных знаний, своей обычной осторожностью и холодным и сдержанным нравом. Он умер в 1828 году.



Уильям Хайд Волластон.

С картины Дж. Джексона, Р.А., находящейся во владении Королевского общества.

Почти сразу после публикации открытия Вольты были предприняты попытки — в частности, Берцелиусом в Швеции и Дэви в Англии — доказать, что электрические и химические явления взаимосвязаны и взаимозависимы. Это предположение было более полно разработано Берцелиусом в 1812 году, и оно послужило основой химической системы, которая оказала значительное влияние на химическую доктрину в первой половине девятнадцатого века.

Берцелиус предположил, что электрическая полярность является атрибутом всех атомов - что они фактически биполярны, но в них преобладает либо положительное, либо отрицательное электричество. Следовательно, элементы можно было разделить на два класса — положительные или отрицательные, в зависимости от избытка того или иного заряда. Какое из электричеств преобладало, можно было бы установить, определив конкретный полюс, на котором элемент был отделен при электролизе. Комбинации разнородных элементов — или, другими словами, химические соединения — также были наделены полярностью. Химическое сродство элементов и соединений было связано с избытком присутствующего в них электричества любого вида; и химическая комбинация являлась результатом более или менее совершенной нейтрализации этих двух видов. Изучая электрическое поведение элементов, Берцелиус попытался расположить их последовательно, начав с кислорода как наиболее электроотрицательного элемента.

Эти концепции были использованы им в качестве основы метода классификации. Эта попытка исторически интересна как первая систематическая попытка получить представление о строении химических соединений, то есть определить способ, которым составляющие атомы группируются или располагаются относительно друг друга, или, другими словами, провести различие между эмпирическим и рациональным составом веществ, что является конечной целью современной химии.

Необходимым следствием этих взглядов было то, что каждое соединение должно было рассматриваться как состоящее из двух частей, находящихся в электрически различных состояниях. Таким образом, барита состояла из комбинации электроположительного бария в сочетании с электроположительным кислородом; она сочеталась с окисью серы, потому что преобладающее положительное электричество, которое она содержала, встречалось с отрицательным электричеством, которое преобладало в окиси серы. Обобщая, можно сказать, что основные оксиды неизменно являются положительными составляющими солей, тогда как кислотные оксиды являются отрицательными составляющими, что подтверждается способом разделения двух видов оксидов на полюсах при электролизе. Таким образом, сульфат бария следовало рассматривать как состоящий из двух элементов — BaO и SO_3 — и, следовательно, его следовало называть сульфатом барии. Берцелиус расширил эту концепцию, чтобы объяснить образование двойных солей — таких, например, как калийные квасцы, которые он рассматривал как бинарное соединение положительного сульфата калия и отрицательного сульфата алюминия, каждый из которых, в свою очередь, может быть преобразован в кислотный и основной оксид с противоположными электрическими свойствами.

Дуалистические представления Берцелиуса привели его к построению системы химической номенклатуры и обозначений, которая в своих основных чертах сохранилась по сей день и является общепринятой, с определенными изменениями, в современной химической литературе. Ему мы обязаны группировкой элементов в металлы и металлоиды, а также нашей нынешней системой символических обозначений, с помощью которой даже сложные химические реакции могут быть выражены кратким и понятным образом. Химические символы использовались алхимиками; но Берцелиус первым предположил, что химический символ должен обозначать не только элемент, к которому он относится, но и его относительный атомный вес. Химические уравнения стали количественными, а также качественными выражениями фактов, которые они обозначают. Такие уравнения неявно предполагали, что, используя слова Дэви, химия перешла под власть математических наук. Профессиональные

математики, однако, не сразу осознали, что явления химического воздействия поддаются формальной математической обработке. Дэви рассказывает, что, когда он говорил с Лапласом об атомной теории в химии и выразил свою веру в то, что наука в конечном итоге будет опираться на математические законы, подобные тем, которые он так глубоко и успешно установил в отношении механических свойств вещества, к этой идее отнеслись с тоном, граничащим с презрением.

Электрохимическая система Берцелиуса и связанные с ней дуалистические идеи оказали значительную услугу в применении к неорганической отрасли науки; но попытки подогнать их под факты органической химии, которые начали быстро накапливаться после первой четверти века, потерпели неудачу. Его неадекватность как всеобъемлющего обобщения становилась все более и более очевидной, и в конце концов он пал. Фактически, можно сказать, что она получила смертельный удар благодаря открытию Дэви элементарной природы хлора и признанию того факта, что кислоты не обязательно содержат кислород. Дэви, а позже и Дюлонг сделали очевидным, что если какой-либо элемент и следует рассматривать как подкисляющий принцип, то это водород, а не кислород; и, в некотором смысле, эта точка зрения в конечном итоге возобладавала при признании кислот солями водорода.

Во Франции изучение электрохимии было предпринято Гей-Люссаком и Тенаром, во многом благодаря действиям императора Наполеона, который выделил средства на строительство мощной гальванической батареи. Результаты были опубликованы в 1811 году под названием *"Исследования физической химии, факты из жизни"* и др. Гей-Люссак, чье имя уже упоминалось как одно из первооткрывателей Закона соединения газов, сыграл значительную роль в истории химии того периода. Он был одним из первых, кто оценил важность обобщения Далтона и указал на значение своего собственного открытия для его усиления. Вероятно, в первую очередь к признанию закона соединения газов его привела работа Бертолле по объемному составу газообразного аммиака и его собственное открытие, сделанное в 1805 году совместно с Гумбольдтом в ходе их анализа атмосферного воздуха, — что один объем кислорода соединяется ровно с двумя объемами водорода с образованием воды. Указанные таким образом закономерности, как он обнаружил, были общими: все газы, способные к химическому соединению, соединяются в простых пропорциях по объему, и объем продукта, если это газ, всегда находится в некотором простом отношении к объемам составляющих.

Жозеф Луи Гей Люссак родился в 1778 году в Сен-Леонарде, изучал химию в Париже и был связан химическими исследованиями с Бертолле. В качестве Элеви-инженера в Национальной школе мостов и Шоссейных дорог он начал экспериментальную работу в области физики и химии, на которой зиждется его слава. В 1804 году он предпринял вместе с Био серию восхождений на воздушном шаре с целью изучения физики и химии верхних слоев атмосферы. В 1806 году он стал профессором химии в Политехнической школе, а в 1832 году профессором Ботанического сада. Он был одним из главных пробировщиков французского монетного двора и, как член многих комиссий, оказывал значительное влияние в официальных кругах. Он умер в 1850 году.

Гей-Люссак и Тенар были первыми, кто изобрел метод получения калия и натрия чисто химическим способом, посредством которого эти металлы можно было получать в гораздо больших количествах, чем это было в то время возможно электролитическим способом. Таким образом, они смогли использовать сильную раскисляющую способность этих металлов для

осуществления ряда восстановлений, в частности превращения оксида бора в бор. Гей-Люссак и Тенар также были первыми, кто сообщил о существовании *фторида бора*. Кроме того, Гей-Люссаку мы обязаны открытием *цианогена*, первого из так называемых составных радикалов. Он впервые получил йодистый этил, исследовал сульфовиновую кислоту и виноградный сахар, изучал этерификацию и ферментацию и т.д. Мы также обязаны ему за метод определения плотности паров, который оказался очень полезным при определении молекулярных масс веществ. Он работал над йодом и его соединениями, совместно с Уэлтером открыл *тиосернистую* кислоту и исследовал *фульминовую* кислоту в сотрудничестве с Либихом.

Среди его заслуг в области аналитической химии были разработка метода анализа пороха, объемное определение содержания серебра (мокрый анализ серебра), хлорометрический анализ, алкаиметрия и т.д. Он разработал систему, которая до сих пор используется во Франции для определения содержания алкоголя в винных спиртах.

Луи Жак Тенар родился в 1777 году в Ножан-Сюр-Сен и был учеником Воклена и Бертолле. В 1797 году он стал *репетитором* Парижской политехнической школы, а со временем и ее профессором. Впоследствии он занимал кафедру химии в Коллеж де Франс и естественнаучный факультет Парижского университета. Он был возведен в дворянство Карлом X. в 1824 году и умер в Париже на восьмидесятом году жизни.

В дополнение к уже упомянутой его работе с Гей-Люссаком, Тенару мы обязаны открытием *перекиси водорода* и *персульфида водорода*. Вместе с Дюлонгом он изучал каталитическое действие платины на смеси кислорода и водорода. Он исследовал жирные кислоты, работал над ферментацией и образованием эфира; и он был первым, кто выделил лимонную и яблочную кислоты. Он также занимался химией желчи, пота, белка, кислотами мочи и молока, а также теорией протравных веществ.

В 1834 году Фарадей обнародовал важный факт, что при пропускании одного и того же гальванического тока через ряд электролитов — воду, соляную кислоту, растворы хлористых металлов — они разлагались таким образом, что на отрицательном полюсе выделялись определенные количества водорода или металла, а на положительном полюсе выделялись соответствующие количества кислорода или хлора. Эти наблюдения были обобщены Фарадеем в соответствии с его “законом определенного электролитического действия”. Полученные таким образом электрохимические эквиваленты в некоторых случаях были идентичны атомным весам, выведенным Берцелиусом; в других - нет; но, тем не менее, когда они отличались, они находились в некотором простом отношении к предполагаемому атомному весу. Значение наблюдения Фарадея не было упущено из виду, хотя его предположение о том, что определение электрохимических эквивалентов будет полезно для определения атомных весов, не было сразу оценено по достоинству. Четкого различия между *эквивалентом*, *атомом* и *молекулой* тогда не было. Как будет показано впоследствии, только во второй половине девятнадцатого века выявленные таким образом расхождения и непоследовательности были окончательно устранены.

ГЛАВА XI

Основы органической химии

По мере того как расширялся горизонт химии и расширялись ее операции, возникла необходимость методично подходить к ее предмету. Соответственно, в различных систематических трактатах, которые начали появляться в семнадцатом веке, были предприняты попытки сгруппировать эти факты в упорядоченное и рациональное расположение. Одним из самых ранних таких систематизированных трактатов был "*Курс химии*" Николаса Лемери, опубликованный в 1675 году. Хотя Бурхаав назвал эту работу "беспорядочной массой фармацевтических процессов без какого-либо определенного плана или согласованности", она примечательна как первая в своем роде, разделяющая науку на ее нынешние основные разделы - неорганическую и органическую химию.

Возможно, было бы желательно как можно более кратко охарактеризовать общее состояние знаний в области химии органических веществ вплоть до первых лет прошлого столетия. Как уже упоминалось, такие вещества, как уксусная кислота, скипидар, крахмал, сахар, некоторые красители и масла, были известны давно; а такие процессы, как омыление и ферментация, практиковались с очень ранних времен. Алхимики получали различные эфирные масла, алифатические эфиры и сложные эфиры; а ятрохимики получали бензойную и янтарную кислоты, а также уксусную кислоту из древесины. Молочный сахар был впервые приготовлен Фабрицио Бартолетти в 1619 году. Впервые виноградный сахар был упомянут Глаубером как содержащийся в меде в 1660 году. Бойль первым обнаружил присутствие спирта среди продуктов деструктивной перегонки древесины. Мало кто из последователей Штала занимался органическими продуктами; и только к концу флогистического периода внимание вновь было обращено на продукты животного и растительного происхождения. Шееле выделил глицерин в 1784 году и получил *хлористый этил* путем перегонки смеси поваренной соли, пиролюзита, купоросного масла и спирта. *Этилацетат* впервые был получен Лаураке в 1759 году. Арвидсон получил *этилформиат* в 1777 году. *Щавелевый эфир* был впервые получен Савари в 1773 году. То, что долгое время было известно как *винное масло*, по-видимому, впервые было упомянуто Либавиусом, но его истинная природа была открыта Хеннелем в 1826 году. Образование *альдегида* было впервые обнаружено Шееле в 1774 году, и оно, в свою очередь, было исследовано Фуркруа и Вокленом, Деберейнером и Гей-Люссаком; но впервые он был определенно выделен в 1835 году Либихом, который дал ему название.

Первой известной органической кислотой был уксус (уксусная кислота), и долгое время все встречающиеся в природе органические кислоты, имеющие кислый вкус, считались идентичными уксусу или его формами. Только во второй половине восемнадцатого века было четко установлено, что существуют различные органические кислоты, совершенно отличные от уксусной. *Ледяная уксусная кислота* была впервые получена Левизом в 1789 году. Уксусная кислота, как продукт деструктивной перегонки древесины, была впервые получена Геттингом в 1779 году. Уксусное брожение изучалось с самых ранних времен. Предположения о способе превращения вина в уксус можно найти в работах Бэзила Валентайна, Бехера (1669), Лемери (1675) и Штала (1667). Пристли какое-то время придерживался мнения, что уксус содержит растительную кислоту, но впоследствии обнаружил и исправил свою ошибку. Прямое превращение винного спирта (этилового спирта) в уксусную кислоту было изучено Лавуазье и Бертолле, которые первыми четко осознали, что это процесс окисления. Количественный

состав уксусной кислоты был впервые установлен Берцелиусом в 1814 году. Многие ацетаты были известны с давних времен. *Вердигрис* упоминается Теофрастом, Диоскоридом и Плинием. *Ацетат цинка* был известен Геберу, а *ацетат калия* Плинию, который упоминает о его применении в медицине. *Ацетат аммония* также использовался в медицине еще в начале семнадцатого века и был особенно рекомендован врачом Раймондом Миндерером. *Ацетат натрия* был получен Дюамелем в 1736 году. *Ацетат свинца* был известен в пятнадцатом веке и получил название *Libavii saccharum plumbi quintessentiale*, намекая на его сладкий вкус. То, что алхимики называли *lac virginis*, представляло собой мутный раствор основного ацетата свинца, и его часто использовали в медицине, в частности, Гуларом в 1760 году. То, что мы сейчас называем *ацетоном*, впервые было обнаружено Либавиусом в 1595 году, а впоследствии Бойлем во время деструктивной перегонки ацетата свинца: его образование из других ацетатов было замечено Троммсдорфом, Деросне и Шеневиксом, которые называли его пироуксусным спиртом. Его истинная природа и состав были впервые установлены Либихом в 1831 году.

Образование винного камня при производстве вина было известно с древнейших времен. Первоначально оно считалось *faex vini* и носило название такового. Слово “Тартар” впервые встречается в алхимической литературе в одиннадцатом веке и представляет собой латинизированную форму арабского слова. Маргграф в 1764 году признал, что винный камень в вине содержит поташ; но сама винная кислота была впервые выделена Шееле в 1769 году.

The *Двойной тартрат калия и соды* был впервые приготовлен в 1672 году Питером Сеньеттом, аптекарем из Рошели, и использовался им в медицине. *Рвотный камень* был открыт Адрианом фон Минзихтом в 1631 году, а его истинная природа была объяснена Бергманом в 1773 году. *Рацемическая кислота* впервые была упомянута производителем вина по имени Кестнер и была признана кислотой в 1819 году. Его связь с винной кислотой, с которой он является изомерным, была впервые объяснена Берцелиусом, который дал ему название.

Оксалаты природного происхождения долгое время считались идентичными винному камню. *Щавелевая кислота* была получена Шееле в 1776 году путем воздействия азотной кислоты на сахар. Эта кислота была дополнительно исследована Бергманом, который наблюдал ее разложение при нагревании с образованием газа, горящего синим пламенем. Идентичность природной щавелевой кислоты с кислотой, полученной из сахара, была установлена Шееле в 1784 году. Количественный состав щавелевой кислоты был впервые установлен Дюлонгом в 1815 году. *Муциновая кислота* была открыта Шееле в 1780 году и изучалась Фуркромом, который дал ей название, которое она сейчас носит. *Пиромукиновая кислота* также была известна Шееле, и ее наблюдали Хермбштедт и Хоутон-Лабиллардьер. *Камфорная кислота* была впервые обнаружена Бульон-Лагранжем и Вокленом. *Субериновая кислота* была открыта Бругнателли в 1787 году.

О том, что бензоиновая камедь дает продукт (*бензойную кислоту*) путем сублимации, было известно в шестнадцатом веке. Он был введен в медицину Турке де Майерном в виде *цветков бензоина*. Шееле показал, как эту кислоту можно получить влажным способом из камеди-бензоина. Она была обнаружена в перуанском бальзаме Леманом в 1709 году. Руэль нашла его в моче коровы и верблюда. Либих в 1829 году обнаружил разницу между *гиппуровой* кислотой и бензойной кислотой. Характерная кислота в янтаре (*янтарная кислота*) была впервые обнаружена Поттом в 1753 году.

Муравьиная кислота была впервые выделена Рэем в 1676 году. *Молочная кислота* была обнаружена Шееле в кислом молоке в 1780 году. Какое-то время его считали нечистой уксусной кислотой, пока Берцелиус не обнаружил его в мышечном соке и не установил его индивидуальность. Его истинный состав был установлен Мичерлихом и Либихом в 1832 году. *Лимонная кислота* известна с XIII века, но впервые она была определенно выделена Шееле в 1784 году. Яблочный сок использовался в медицине в шестнадцатом веке, а содовая соль с характерной для нее кислотой (*яблочная кислота*) была приготовлена Дональдом Монро в 1767 году.

Древним было известно, что экстракт желчных орехов приобретает черный цвет при смешивании с раствором железного купороса; Бойль и Бергманн приписали это явление присутствию особой кислоты. *Галловая кислота* была впервые выделена Шееле в 1785 году, а ее состав установил Берцелиус в 1814 году. *Дубильная кислота* была определенно признана Сегеном отличной от галловой кислоты в 1795 году.

Меллит, или медовый камень, упоминается в минералогических трактатах шестнадцатого века. То, что он состоял из глиноземистой соли особой кислоты (*меллиновой кислоты*), было показано Клапротом в 1799 году.

Берлинская лазурь была случайно обнаружена в 1710 году красильщиком по имени Дизбах. Способ его производства был впервые известен Вудворду в 1724 году. Своеобразная реакция, с помощью которой он был получен, стала предметом исследования многих химиков того периода без какого-либо решающего результата. Шееле заметил, что, когда соль, придававшую купоросу синий цвет, перегоняли с серной кислотой, получалась летучая кислота, легко воспламеняющаяся и растворимая в воде. Эта кислота получила от Бергмана название *acidum saerulei berolinensis*, или “берлинско-голубая кислота”, впоследствии сокращенная Гайтоном де Морво до *синильной кислоты*. Шееле также приготовил цианиды серебра и аммония. То, что синильная кислота не содержит кислорода, было установлено Бертолле. Безводная синильная кислота была впервые получена Фон Иттнером, который первым установил ее крайне ядовитую природу. Болим в 1802 году ранее наблюдал присутствие синильной кислоты в масле горького миндаля, ядовитый характер которого был известен Диоскориду. Порре впервые определенно выделил *ферроцианид калия*, а впоследствии открыл *тиоцианаты*, количественный состав которых был установлен Берцелиусом в 1820 году. То, что синильная кислота представляет собой соединение водорода и циана, было установлено Гей-Люссаком в 1815 году.

Циановая кислота была открыта Велером в 1822 году, в этом же году Л. Гмелин открыл *феррицианиды*.

Молниеносная ртуть была впервые приготовлена Говардом в 1800 году, а *молниеносное серебро* - Бругнателли в 1802 году. Либих в 1822 году признал, что они содержат особую кислоту, которую он назвал *фульминовой*, и показал, что она имеет тот же состав, что и циановая кислота, открытая Велером. *Мочевая кислота*, названная так Фуркром, была обнаружена в желчных камнях Шееле в 1776 году. *Мочевина* была впервые определенно выделена Фуркрой и Вокленом в 1799 году и была синтетически получена Велером в 1828 году.

Горькие свойства растений и их лечебные свойства рано привлекли внимание, но первая попытка выделить их была предпринята Фуркрой и Вокленом в случае с корой перуанской,

давно известной своей жаропонижающей способностью. В 1806 году Воклен получил *хинную кислоту*. *Цинхонин* был впервые выделен Гомесом в 1811 году.

Химическая природа опиума была предметом многочисленных исследований в первые годы девятнадцатого века. В 1805 году Сертюрнер обнаружил существование *меконовой кислоты*, а в 1817 году - *морфина*, который он признал алкалоидом. *Наркотин* был открыт Робике в 1835 году. Исследование других горьких веществ было предпринято Пеллетье и Кавенту, которые в 1818 году открыли *стрихнин*, *бруцин* (1819) и *вератрин* (1820).

Современники и непосредственные последователи Лавуазье были первыми, кто предпринял систематическую попытку прояснить химическую природу органических продуктов животного происхождения. К этому периоду относятся работы Фуркруа и Воклена по химии животных. Шеврель, ученик Фуркруа, работал над исследованиями мочи, жировой ткани и животных жиров в первом десятилетии прошлого века. Кирхгоф в 1811 году открыл метод превращения крахмала в сахар, а Деберейнер в 1822 году описал метод искусственного получения муравьиной кислоты. Дюма и Булле в 1827-1828 годах получили ряд новых производных этилового спирта; а в 1834 году Дюма и Пелиго аналогичным образом изучили химию метилового спирта и указали на множество аналогий, которыми обладали их соединения не только между собой, но и с неорганическими веществами.

Хотя к концу первой четверти девятнадцатого века было накоплено значительное количество информации о существовании, способах возникновения и свойствах тел, обнаруженных в животном и растительном царствах, до окончания этого периода не предпринималось серьезных попыток их систематического изучения. Фактически, они даже не рассматривались как подпадающие под действие законов, которые, как оказалось, применимы к продуктам неорганического мира, путем исследования продуктов которого, собственно, и были открыты эти законы.

Вплоть до 1828 года считалось, что неорганические и органические вещества резко различаются по тому обстоятельству, что, в то время как первые могут быть получены искусственным путем и даже созданы из их элементов синтетическими процессами в лаборатории, вторые могут образовываться только в телах животных и растений в результате воздействия жизненной силы. В том же году Велер показал, что мочевины, в основном продукт метаболизма животных, может быть получена синтетическим путем из неорганических материалов. Были быстро обнаружены другие примеры подобного рода, и идея о том, что органические вещества могут образовываться только в результате жизненных процессов, оказалась несостоятельной. Более того, было приготовлено большое количество веществ, по своему характеру аналогичных тем, которые образуются в результате физиологического воздействия, но, как известно, не встречаются в животном или растительном царстве. Следовательно, нельзя проводить абсолютного различия между химией неорганического и органического миров.

В настоящее время под "органическими соединениями" мы подразумеваем просто соединения углерода. Они настолько многочисленны и часто настолько сложны, что удобно сгруппировать их вместе и изучать как особый раздел науки. Изначально предполагалось, что в состав органических веществ входит лишь очень небольшое количество элементов. Это, действительно, считалось точкой фундаментального различия между органическими и неорганическими соединениями. Лавуазье придерживался мнения, что все органические тела

представляют собой комбинации углерода, водорода и кислорода. Бертолле первым обнаружил присутствие азота в продуктах животного происхождения. Сера и фосфор были обнаружены позже. По-видимому, нет *априорной* причины, по которой какой-либо элемент не должен быть связан с углеродом и входить в состав органического соединения.

Лавуазье был одним из первых, кто разработал методы определения состава органических (углеродных) соединений и указал общие принципы, с помощью которых можно установить соотношение элементов, встречающихся в этих веществах. Однако эти методы были разработаны настолько несовершенно, что только в конце первого десятилетия девятнадцатого века было установлено, что органические соединения даже подчиняются закону множественных пропорций. Благодаря усилиям Берцелиуса, Гей-Люссака и Тенара, и особенно Либиха, в 1830 году методы органического анализа были настолько усовершенствованы, что стало возможным с уверенностью установить эмпирический состав этих соединений. Достигнув этого момента, развитие этого раздела химии продолжалось с беспрецедентной быстротой. Был не только установлен состав ряда продуктов, таких как сахар, крахмал, растительные кислоты, некоторые алкалоиды и т.д., но и стали очевидны совершенно неожиданные факты. Одним из самых удивительных из них была *изомерия*.

Вплоть до конца первой четверти девятнадцатого века казалось самоочевидным, что вещества с одинаковым процентным составом обязательно идентичны. В 1823 году Либих показал, что цианат серебра Велера имеет тот же состав, что и фульминат серебра. Фарадей в 1825 году обнаружил в нефтяном газе углеводород, который имел тот же состав, что и олефиновый газ, но в остальном отличался от него; а в 1828 году Велер обнаружил, что мочевины и цианат аммония — совершенно непохожие вещества — идентичны по элементарному составу. Наконец, Берцелиус обнаружил, что это верно для винной и рацемической кислот; и в этой связи он предложил термин *изомерия* для обозначения общего факта. Далее он указал, что это явление можно объяснить, только предположив, что взаимное расположение атомов в изомерных соединениях различно.

Но влияние молекулярной или атомной группировки на определение специфического характера вещества распространяется не только на соединения. Аналогичное явление наблюдается и среди элементов. Лавуазье было окончательно установлено, что алмаз и древесный уголь химически представляют собой одно и то же вещество — обе формы углерода. Шееле показал, что графит является третьей формой углерода. Впоследствии было показано, что фосфор, сера и кислород способны существовать в различных модификациях. Примеры этого характера были сгруппированы Берцелиусом в 1841 году под термином *аллотропия*.

Признание факта изомерии оказало большое влияние на развитие органической химии. В конечном итоге это привело к предположению, что определенные группы элементов или атомные комплексы, так называемые *радикалы*, должны были быть обнаружены в органических соединениях - концепция, первоначально основанная на открытии Гей-Люссаком *циана*, комбинации углерода и азота, которая, как было обнаружено, ведет себя подобно простому веществу, такому как хлор, и дает начало соединениям, аналогичным соответствующим хлоридам. Эта идея о существовании сложных радикалов была значительно усилена памятным исследованием Либиха и Велера в 1832 году масла горького миндаля и его производных, в котором они показали, что эти вещества могут быть представлены как содержащие особую группу или радикал, называемый *бензоилом*, который ведет себя как элемент. Идея о том, что

группы элементов вступают в реакцию и выходят из нее подобно простому веществу, не была новой для химиков: это был не только случай циана, открытого Гей-Люссаком в 1815 году. Попытка классифицировать производные спирта и эфира как соединения, содержащие общий радикал *этерин*, была предпринята Дюма и Булле в 1828 году. Гей-Люссак указывал, что плотность паров этилового спирта, по-видимому, показывает, что он состоит из равных объемов этилена и воды. Робике также показал, что хлористый этил можно считать соединением соляной кислоты и этилена; а Деберейнер рассматривал безводную щавелевую кислоту как комбинацию углекислоты с окисью углерода.

Но исследования Либиха и Велера помогли уточнить концепцию. Таким образом, она оказала глубокое влияние на развитие органической химии, продемонстрировав, по сути, что эту отрасль науки можно рассматривать как химию сложных радикалов, в отличие от неорганической химии — химии простых радикалов. Дополнительное подтверждение этой точки зрения было предоставлено замечательным исследованием Бунзена так называемого *алкарсина*, “дымящейся жидкости Кадета” — зловонного вещества, давно известного как образующееся при нагревании ацетата с оксидом мышьяка. Бунзен показал, что эта жидкость содержит сложный радикал, содержащий мышьяк в качестве составной части; и он получил серию производных, все из которых могут быть сформулированы как комбинации этого радикала, которые он назвал *какодилом*. Изучение Кольбе электролитического разложения ацетатов и открытие *цинкэтила* Франклендом оказали мощную поддержку доктрине комбинированных радикалов.

Хотя не может быть никаких сомнений в том, что эта доктрина в значительной степени стимулировала развитие органической химии, постепенно стало понятно, что рассматривать неорганическую и органическую химию как химию соответственно простых и сложных радикалов было несовершенной и вводящей в заблуждение концепцией истинных отношений двух основных разделов науки. Факты показали, что свойства вещества больше зависят от расположения его атомов, чем от их природы. Доктрина сложных радикалов неявно была попыткой распространить дуалистические концепции Берцелиуса на факты органической химии; и как таковая она была одобрена великим шведским химиком. Но было обнаружено, что дуализм имеет свои ограничения даже в неорганической химии; и они стали еще более очевидными, когда его попытались применить в другой основной отрасли науки. Поэтому были предприняты попытки — в частности, французскими химиками Лораном, Дюма и Герхардтом — сформулировать органические вещества методами, в которых электрохимические и дуалистические концепции Берцелиуса и его последователей не имели никакого отношения. Как развивались эти попытки и как впоследствии они переросли в современную органическую химию, будет показано во второй части этой работы.

Будет также удобно отложить любой рассказ о личной истории создателей науки органической химии — Либиха, Велера, Дюма - до тех пор, пока мы не будем в состоянии дать более полное описание их трудов и результатов, которые из них вытекали. Хотя можно сказать, что основы органической химии были заложены в последние годы первой половины девятнадцатого века, надстройка была возведена только во второй половине.

ГЛАВА XII

Возникновение физической химии

Физика и Химия — сестры-близнецы, дочери Натурфилософии; как лебеди Юноны, соединенные и неразделимые. Физика занимается формами энергии, которые воздействуют на материю; химия - изучением материи, которая подвергается такому воздействию. Таким образом, каждая из них дополняет другую. Философы древности не проводили между ними никакого практического различия, по крайней мере, в том, что касалось их собственных исследований. Такие люди, как Бойль, Блэк, Кавендиш, Лавуазье, Дальтон, Фарадей, Грэм, Банзен, были первопроходцами “в очень широком смысле”, продвигая свои исследования на территории, общие для двух ветвей, в соответствии с их гением или склонностями.

Соответственно, случилось так, что многие так называемые физические законы были открыты людьми, которые были известными химиками. Случалось также, что люди, начинавшие свою научную карьеру как химики, такие как Дальтон, Реньо и Магнус, в конце концов отдавали всю свою энергию физическим измерениям; или, подобно Блэку, Фарадею и Грэхему, посвящали себя выяснению физических проблем. Поскольку некоторые из этих физических законов и проблем оказали значительное влияние на прогресс химии, при любом историческом рассмотрении предмета становится необходимым дать некоторый отчет об их происхождении и показать, как они повлияли на развитие химической теории.

Связь тепла с химическими явлениями настолько очевидна и интимна, что изучение их связи неизбежно привлекало внимание в самые ранние времена. Но только когда это исследование приобрело количественный характер, стали возможны какие-либо важные обобщения. Большинство количественных оценок тепла в конечном итоге зависят от термометра; и термометрия в первую очередь обязана англичанам за попытки сделать прибор надежным.

В этой связи можно упомянуть имена Ньютона и Шукбурга. Брук Тейлор в 1723 году провела специальное исследование ртутного термометра как средства измерения температуры. Другими словами, он стремился выяснить, соответствуют ли равные различия в расширении или сжатии ртути равному добавлению или отводу тепла. Результаты показали, что принцип ртутного термометра действителен, по крайней мере, в пределах температур между точками кипения и замерзания воды. Впоследствии эти эксперименты были повторены и подтверждены Кавендишем и, независимо, Блэком.

Открытие Блэком явления *скрытого тепла* незадолго до 1760 года знаменует собой эпоху в истории науки. Тогда впервые было ясно признано, что агрегатное состояние вещества связано с определенной тепловой величиной и что для осуществления изменения необходимо использовать определенное количество энергии в форме тепла. Таким образом, была предсказана количественная связь, существующая между работой и энергией.

Учение о *удельной теплоемкости* преподавал Блэк в своих лекциях в Глазго между 1761 и 1765 годами. Впоследствии этот вопрос был экспериментально исследован Ирвином между 1765 и 1770 годами и Кроуфордом в 1779 году. Серия определений была опубликована Вильке в 1781 году в "*Трудах Шведской академии*". В них впервые был использован термин *удельная калорийность*, с тех пор измененный на *удельную теплоемкость*. Примерно в это же время определение количества тепла, необходимого для повышения температуры веществ в

определенном интервале, стало предметом экспериментов многих наблюдателей, в частности Лавуазье и Лапласа, которые значительно усовершенствовали калориметрические устройства. Полученные ими значения долгое время оставались наиболее достоверными оценками удельной теплоемкости веществ. Их совместные исследования оказали дальнейшее влияние на развитие термохимии, указав общие экспериментальные условия, которые были необходимы для обеспечения точности таких определений. Лавуазье и Лаплас также измерили в 1782-1783 годах тепло, выделяемое при сгорании веществ и выделяющееся при дыхании. В 1819 году Дюлонг и Пети указали, что удельная теплоемкость ряда веществ, в частности металлов, обратно пропорциональна их атомному весу; или, другими словами, произведение удельной теплоемкости на атомный вес является постоянной величиной. Характер этой связи будет виден из следующей таблицы некоторых результатов, полученных Дюлонгом и Пети:—

Элемент.	По массе	Спецификация нагрева.	Атомный жар.
Висмут	208	0.0288	6.0
Свинец	207	0.0293	6.0
Золото	197	0.0298	5.8
Платиновый	195	0.0314	6.1
Серебро	108	0.0570	6.1
Медь	63	0.0952	6.0
Железо	56	0.1138	6.4

Будет видно, что эти различные элементы обладают одинаковой или почти одинаковой атомной теплотой — в среднем примерно 6,2.

Это, по—видимому, доказывает, что, как выразились Дюлонг и Пети, “атомы простых веществ обладают равной теплоемкостью”. Отклонения от постоянного значения частично обусловлены ошибками наблюдений, но более конкретно тем обстоятельством, что не все сравниваемые вещества находятся в строго сопоставимом состоянии - *например*, не все они одинаково удалены от своих температур плавления. Более того, было показано, что количество тепла, необходимое для повышения температуры вещества в определенном интервале, увеличивается с повышением температуры. Следовательно, диапазон температур, в пределах которого производилось определение в конкретном случае, влиял на величину удельной теплоемкости. Было обнаружено, что наиболее заметные отклонения от однородного значения происходят среди металлоидов —*например*, углерода, различные модификации которого имеют разную теплоемкость, — и в целом среди элементов с низким атомным весом, у которых изменение теплоемкости в зависимости от температуры было особенно быстрым.

Тем не менее, значение обобщения, открытого Дюлонгом и Пети, несмотря на его ограниченность, было быстро оценено, поскольку стало понятно, что знание теплоемкости элемента может иметь большое значение при определении его атомного веса. Непосредственным результатом стало то, что определенное количество атомных весов, установленных Берцелиусом главным образом из химических соображений, пришлось уменьшить вдвое. Хотя последующий опыт показал, что закон Дюлонга и Пти не поддается простому математическому выражению, которое они ему дали, он показал себя очень ценным при определении сомнительных атомных весов.

Пьер Луи Дюлон родился в 1785 году в Руане и, изучив химию и физику в Политехнической школе Парижа, стал ее профессором химии, а затем и физики. В 1830 году он был назначен ее научным руководителем, а в 1832 году стал постоянным секретарем Академии наук. В молодости он работал с Берцелиусом, вместе с которым произвел первое приблизительно точное определение гравиметрического состава воды. В 1811 году он обнаружил очень взрывоопасный *хлорид азота*, при исследовании которого он был тяжело ранен, потеряв глаз и несколько пальцев. Он умер в 1838 году. Его сотрудница, **Алексис Тереза Пети**, родилась в 1791 году в Везуле и умерла, занимая должность профессора физики в лицее Бонапарта, в 1820 году.

Попытка Неймана распространить "закон" Дюлонга и Пети на сложные вещества увенчалась успехом лишь частично. Из наших знаний об удельной теплоемкости жидкостей также не последовало какого-либо важного обобщения. Почти одновременно с публикацией "закона" Дюлонга и Пети Мичерлих обнаружил тот факт, что сходство химического состава часто сопровождается идентичностью кристаллической формы. Бойль еще в середине семнадцатого века настаивал на важности формы кристаллов для проливания света на внутреннюю структуру тел. Роме де л'Иль и Ои заметили, что многие различные вещества имеют одинаковую кристаллическую форму. Было замечено, что кристалл калийных квасцов будет продолжать расти и сохранять свою форму в растворе аммиачных квасцов; и было показано, что аналогичные наблюдения происходят и в случае с купоросом. Изобретение Волластоном отражающего гониометра значительно облегчило исследование подобных явлений. Мичерлих показал, что фосфаты и арсениаты аналогичного состава имели одинаковую кристаллическую форму или, другими словами, были изоморфны. Тот же факт наблюдался в случае с аналогично образованными сульфатами и селенатами, а также в случае с оксидами магния и цинка и т.д. Ценность изоморфных отношений в определении групповых соотношений элементов и в выводе состава солей была сразу признана Берцелиусом, который назвал открытие изоморфизма своим учеником Мичерлихом "самым важным с момента установления учения о химических пропорциях". Количества изоморфно замещающих элементов в соединении рассматривались им как мера их атомных весов; и впоследствии этот принцип постоянно использовался им, когда это было возможно, в качестве критерия при установлении их значений. Другие исследователи последовали его примеру в этом отношении; и изоморфизм до сих пор рассматривается как важное соображение при установлении генетических связей элемента.

Эйльхард Мичерлих, сын министра, родился в 1794 году в Нойенде, недалеко от Йевера, в Ольденбурге, и после изучения филологии и восточных языков в Гейдельберге отправился в Париж, а оттуда в Геттинген, где занялся естествознанием. В 1818 году он отправился в Берлин и приступил к работе над арсениатами и фосфатами, сходство кристаллических форм которых он был первым обнаружил. Его друг Густав Роуз, минералог, вслед за этим ознакомил его с методами кристаллографии, чтобы он мог проверить свое открытие и установить его с помощью гониометрических измерений. В 1821 году он присоединился к Берцелиусу в Стокгольме, где продолжил свои исследования связи между кристаллической формой и химическим составом. Именно по предложению Берцелиуса он принял термин "изоморфия", чтобы выразить эту связь — механическое следствие идентичности строения атомов. В том же году он был назначен преемником Клапрота в Берлине, где тот умер в 1863 году.

Мичерлих также работал над манганатами и перманганатами, селеновой кислотой, бензолом и его производными, а также над искусственным получением минералов.

Изучение физических явлений, связанных с газами, начатое в 1660 году после открытия Бойлем закона давления газов, внесло значительный вклад в наше понимание их внутренней природы. Сам Бойль доказал свой закон только в случае атмосферного воздуха; но впоследствии это наблюдение было (1676) обобщено Марриоттом. Чарльз, Дальтон и Гей-Люссак независимо друг от друга показали, что газы имеют одинаковую скорость теплового расширения.

То, что газы состоят из частиц, обладающих внутренним движением, предполагали греки; но экспериментальные доказательства такого взгляда на их строение были впервые представлены Томасом Грэмом в 1829-1831 годах, когда он обнаружил, что газы движутся, или рассеиваются, со скоростью, обратно пропорциональной квадратному корню из их плотностей. Наблюдения подобного характера, нашедшие свое объяснение в открытии Грэма, ранее были сделаны Пристли, Деберейнером и Соссюром. Такой обмен положением их частиц является свойством, присущим газам. Неравенство плотности не является существенным для диффузии. Грэм доказал это, соединив вместе два сосуда, один из которых содержал азот, а другой - оксид углерода, которые имели одинаковую плотность. По истечении определенного времени было обнаружено, что оба газа равномерно рассеялись по сосудам.

Как было установлено, что эти законы взаимозависимы и взаимосвязаны, и как они привели к молекулярной теории газов, которая служит для их объяснения, а также к некоторым другим газообразным явлениям, которые будут отмечены впоследствии, будет показано во второй части этой работы.

К концу рассматриваемого нами периода— то есть к середине девятнадцатого века, был накоплен значительный объем информации относительно условий, определяющих различные агрегатные состояния вещества, то есть условий, позволяющих переходить из газообразного состояния в жидкое, а из жидкого - в твердое. То, что одно и то же вещество способно существовать в трех состояниях: газообразном, жидком и твердом, было, конечно, очевидно на примере воды. Даже самые примитивные расы, должно быть, понимали, что пар, роса, дождь, снег, град и лед были всего лишь модификациями одного и того же вещества. По мере роста знаний стали известны и другие вещества, которые напоминали воду по своей способности существовать в различных физических состояниях. Вполне естественно было предположить, что это общий признак и что рано или поздно будет обнаружено, что все вещества способны существовать в каждом из различных условий агрегации.

В первой четверти прошлого столетия предпринимались попытки доказать, что все известные в то время эфирные тела были просто парами, более или менее удаленными от точки их разжижения и еще дальше от точки их застывания. Монж и Клуэ конденсировали диоксид серы незадолго до 1800 года, а Нортмор в 1805 году сжижил хлор. Но эти наблюдения привлекали мало внимания, пока Фарадей в 1823 году независимо не осуществил сжижение хлора, а Дэви - сжижения соляной кислоты. Фарадей почти сразу после этого сжижил диоксид серы, сероводород, двуокись углерода, эухлор, закись азота, циан и аммиак.

Другие экспериментаторы, среди которых можно упомянуть Тилорье и Наттерера, значительно усовершенствовали механические устройства для сжижения этих газов; жидкая угольная кислота и закись азота были получены в значительных количествах и использовались для производства холода. Определенные газы — водород, кислород, азот, оксид азота, окись углерода и т.д. — сопротивлялись любым попыткам сжижения; и, следовательно, газообразные вещества стали классифицироваться как *постоянные* и *непостоянные*, в зависимости от того, могут они быть

сжижены или нет. Это разделение считалось иррациональным даже в то время, когда оно было сделано. Казалось, что нет *априорной* причины, по которой диоксид углерода и закись азота должны быть сжижаемыми, в то время как оксид углерода и окись азота должны сопротивляться любым попыткам принудить их изменить свое состояние. Реальный ключ к пониманию условий, необходимых для осуществления сжижения газа, был открыт почти полвека спустя, когда, как будет показано впоследствии, произвольное разделение газов на постоянные и непостоянные было отброшено.

Открытие закона соединения газов Гей-Люссаком и признание Ампером и Авогадро связи между плотностью газа или пара и его атомным весом рано привели к усовершенствованию методов определения абсолютных масс газов и паров, особенно французскими химиками. И Гей-Люссак, и Дюма изобрели способы определения плотности паров, которые использовались до конца столетия и которые, хотя в настоящее время заменены более удобными и более быстрыми модификациями, давали ценную информацию о молекулярных массах веществ и явлениях диссоциации газов.

В течение первого десятилетия девятнадцатого века Далтон и Генри открыли простой закон, связывающий давление с растворимостью газа в любом растворителе, на который он не оказывает особого действия. Дальтон далее развил этот закон, включив в него поглощение растворителем нескольких компонентов газовой смеси.

Шредером, Коппом и другими были предприняты попытки обнаружить взаимосвязь между весами единичных объемов жидкостей и твердых веществ и их химической природой; но такие попытки были лишь частично успешными из-за трудности нахождения достоверных условий сравнения. Сравнивая удельные веса жидкостей при их температурах кипения, Коппу удалось обнаружить ряд закономерностей в их удельных объемах, которые, по-видимому, указывают на то, что всеобъемлющее обобщение, связывающее их, еще может быть обнаружено. Копп также показал, что существуют закономерности между точками кипения соответствующих веществ и что существует взаимозависимость между температурой их кипения и химическими свойствами соединений.

Этого краткого резюме будет достаточно, чтобы показать, что попытки обнаружить взаимосвязь между физическими свойствами веществ и их химической природой предпринимались более или менее спорадически с тех пор, как химия стала развиваться в духе науки. Но только в последнее время результатом таких усилий стало какое-либо значительное приращение знаний. Наука физическая химия практически является творением нашего времени. Можно сказать, что его систематическое изучение датируется только последней четвертью девятнадцатого века, с тех пор оно добилось необычайного прогресса. Его общие черты будут рассмотрены во втором томе этой работы.

БИБЛИОГРАФИЯ

, относящаяся к периоду, охватываемому томом I.

Agricola, Georg. *De Re Metallica*.

Agricola, Georg. *Vom Bergwerck XII. Bücher darinn mit schöner Figuren*, etc.

Перегонный куб, Публикации В. Клэя, Эдинбург.

Беддоус, Томас. *Химические очерки Шееле*. Мюррей, Лондон, 1786 год.

Berthelot, Marcellin. *La Chimie des Anciens et du Moyenâge*. Steinheil, Paris, 1889.

Berthelot, Marcellin. *La Révolution Chimique*. Félix Alcan, Paris, 1890.

Berthollet, C. L. *Essai de Statique Chimique*. Фирмен Дидо, Париж, 1803 год.

Берч, Томас. *Жизнь Бойла*. Миллар, Лондон, 1744 год.

Бурхаве, Герман. *Новый химический метод*. Шоу и Чемберс, Лондон, 1727 год.

Боултон, Ричард. *Воплощенные произведения Бойла*. Филлипс и Тейлор, Лондон, 1699 год.

Бертон, У. *Жизнь Бурхава*. Линтот, Лондон, 1746 год.

Далтон, Джон. *Новая система химической философии*. Два тома. Бикерстафф, Лондон, 1807-1810гг.

Дэви, Джон. *Жизнь сэра Хамфри Дэви*. Лонгманс, Лондон, 1836 год.

Дэви, Хамфри. *Собрание сочинений*. Под редакцией Джона Дэви. Смит, Элдер и Компания, Лондон, 1839 год.

Figuier, Louis. *L'Alchimie et les Alchimistes*. Виктор Лекон, Париж, 1855 год.

Гей Люссак и Тенар. *Recherches Physico-Chimiques*. Детервиль, Париж, 1811 год.

Gerding, Th. *Geschichte der Chemie. Zweite Ausgabe*. Grunow, Leipzig, 1869.

Grimaux, Edouard. *Lavoisier, 1743–1794*. Félix Alcan, Paris, 1888.

Генри, Уильям Чарльз. *Жизнь Далтона*. Кавендишское общество, Лондон, 1854.

Hoefer, Ferdinand. *Histoire de la Chimie*. Two vols., Deuxième édition. Firmin Didot Frères, Paris, 1866.

Jones, Bence. *Жизнь и письма Фарадея*. Лонгманс, Лондон, 1870 год.

Kopp, Hermann. *Geschichte der Chemie*. Четыре тома. Braunschweig, 1843–47.

Kopp, Hermann. *Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit*. Heidelberg, 1886.

Ladenberg, Albert. *История химии со времен Лавуазье*. Переведено Леонардом Доббином. Перегонный куб, Эдинбург, 1900 год.

Lavoisier. *Полное собрание сочинений*. Под редакцией Дюма. Четыре тома. Париж, 1864.

Лемери, Никола. *Cours de Chimie*. Париж, 1675 год.

Мейер, Эрнст В. *История химии*. Перевод Джорджа М'Гоуэна. Макмиллиан и Компания, Лондон, 1891.

Nordenskiöld, A. E. *Carl Wilhelm Scheele*. Норслетт и Сенер, Стокгольм.

Ostwald's *Klassiker der Exakten Wissenschaften*.

Париж, Джон Айртон. *Жизнь сэра Хамфри Дэви*. Колборн и Бентли, Лондон, 1831.

Пристли, Джозеф. *Эксперименты и наблюдения над различными видами воздуха*. Джонсон, Лондон, 1775 г. и далее.

Роско Х. Э. и Харден А. *Новый взгляд на происхождение атомной теории Дальтона*. Макмиллиан и Компания, Лондон.

Schmieder. *Geschichte der Alchimie*. Halle, 1832.

Schubert, E., und Sudhoff, K. *Paracelsus's Forschungen*. Frankfurt, 1887–89.

Шоу, Питер. *Химия Штала*. Осборн и Лонгман, Лондон.

Шталь Г. Э. *Рациональная химия* (1720).

Шталь Г. Э. *Фундаментальная зимотехника* и др. (1697).

Stange, Albert. *Zeitalter der Chemie*. Otto Wigand, Leipzig, 1908.

Томсон, Томас. *История химии*. Два тома. Колборн и Бентли, Лондон, 1830.

Торп, Т. Э. *Очерки исторической химии*. Второе издание. Макмиллиан и Компания, Лондон, 1902.

Торп, Т. Э. *Хамфри Дэви, поэт и философ*. Касселлс, Лондон, 1895 год.

Торп, Т. Е. *Джозеф Пристли*. Дент и Компания, Лондон, 1906.

Уилсон, Джордж. *Жизнь Кавендиша*. Кавендишское общество, Лондон, 1851 год.

Примечания переписчика

Пунктуация и орфография были приведены в соответствие, когда в этой книге было обнаружено преобладающее предпочтение; в остальном они не изменялись.

Были исправлены простые типографские ошибки; случайные несбалансированные кавычки сохранены.

Двусмысленные дефисы в концах строк были сохранены; случаи несогласованной расстановки переносов не были изменены.

Индекс не проверен на правильность расположения в алфавитном порядке или ссылок на страницы.

Страница 16: “*jeunesse d'oré*” было напечатано именно так, но должно быть “_jeunesse dorée_”.

Страница 183: “Moyenâge” было напечатано именно так, но должно быть “Moyen Âge”.